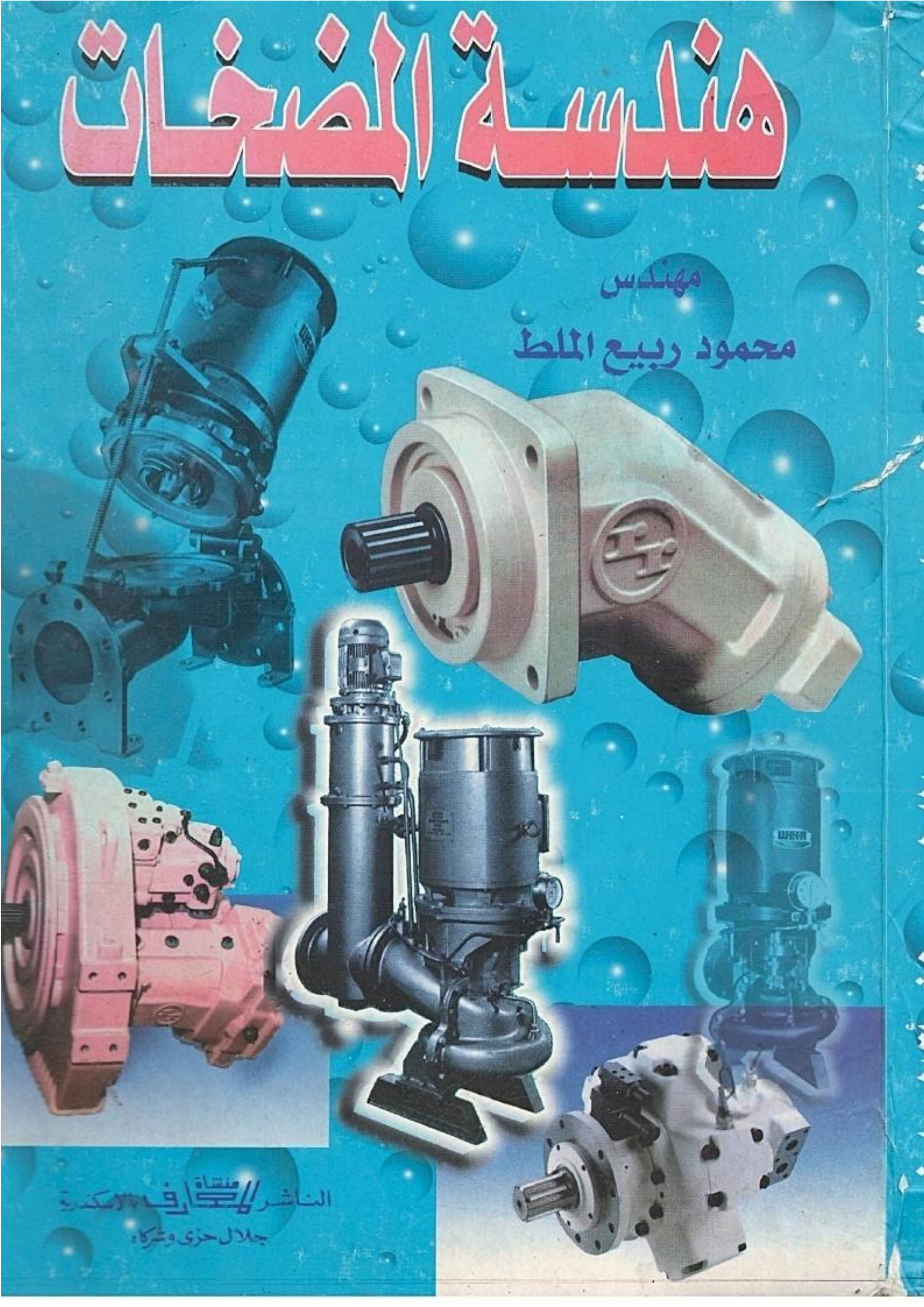

هندسة المضخات
مهندس
محمود ربيع الملط
الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه

هندسة المضخات والضواغط

الترددية والدورانية والطاردة

تأليف

محمود ربيع الملط   عــادل المهــــدى

الناشر

منشأة المعارف ، جلال حزى وشركاه

٤٤ شــارع سعد زغلول - محطة الرمــل - ت/ف : ٤٨٣٣٣٠٣ - ٤٨٥٣٠٥٥ الأسكنــدريــة

٣٢ شــارع دكتور مصطفى مشرفــة - سوتيــر - ت : ٤٨٤٣٦٦٢ - ٤٨٥٤٣٣٨ الأسكندريــة

الإدارة : ٢٤ شــارع ابراهيــم سيــد احمــد - محرم بك - ت/ف : ٣٩٢٢١٦٤ الأسكنــدريــة

الإيداع بدار الكتب و الوثائق القومية :

هنــدســة المضخــات **الدكتور /ربيع الملط**

رقم الايـداع : ٢٠٠٠/١٧٠٤٤

الترقيم الدولى : 4 - 0837 – 03 – 977

التجهيزات الفنية

طبــاعــة: مطبعة الدلتا

كتابة كمبيوتر: مطبعة الدلتا **ت : ٥٩٠١٩٢٣**

بسم الله الرحمن الرحيم

إهـــــداء

إلى أبنائنـا وأحفادنـا

إشـراقة الغـد وأمـل المسـتقبل

المؤلفـان

مقدمة الطبعة الثالثة

تمثل المضخات جزءاً هاماً فى المشروعات الهندسية عموماً، وفى محطات القوى البحرية بوجه خاص، وتعتبر عنصراً هاماً فى تكلفة الكثير من المؤسسات الصناعية، ولا تكاد تخلو أى شركة انتاجية من وجود نوع أو أنواع من المضخات، بل لا يمكن عمليا أن يوجد محرك ميكانيكى دون أن يكون ملحقا به واحدة أو أكثر من المضخات .

وتتزايد اهمية المضخات فى أعمال التنقيب عن البترول وضخه وتكريره ونقله وتسويقه، فلا تستغنى أى مرحلة من تلك المراحل عن المضخات وخطوط الضخ، وتتزايد أهميتها فى أعمال توريد المياه والصرف، ومكافحة الحريق، كما تتضح أيضا أهميتها حيث تستخدم فى تشغيل السفن وغرفة مكناتها وكذلك فى أحواض بناء السفن أو إصلاحها .

والمقصود أن يقدم هذا الكتاب الخبرة العملية عن أهم المضخات المستخدمة، ومن المأمول أن يجد فيه القارئ ما يفيده فى حل المشاكل وعلاج مختلف حالات الخلل والأعطال الناشئة ، سواء عن عيوب بالتركيبات أو سوء التشغيل أو قلة الصيانة ، وكذلك يزودنا بالمعلومات اللازمة التى تساعدنا على إختيار المضخة المناسبة للتطبيق المحدد لظروف التشغيل ، وحتى يراعى عند تركيبها وتشغيلها وصيانتها ما يحفظها لتعمل بأحسن جودة وأعلى كفاية وأقل النفقات .

ويضم هذا الكتاب توضيحا للأنواع المختلفة من المضخات ، ويوضح المصطلحات المستخدمة فى تصميمها وتمييزها ، كما يقوم بتبسيط نظرية الضخ وإعتبارات التصميم خصوصا بالنسبة لأكثر المضخات انتشارا وهى المضخة الطاردة المركزية ، حتى يتم ربط الخبرة المكتسبة فى المجالات العملية بالمبادئ النظرية الأساسية ، مع التأكيد على مشاكل التركيب والتحضير والتشغيل والأعطال التى تنشأ والعيوب التى تتسبب فيها وطرق علاجها .

وتتميز هذه الطبعة بإضافة فصلين جديدين ... أحدهما عن ضواغط الهواء والثانى عن المنظومات الأيدرولية ، كذلك تمت إضافات عديدة فى كثير من أبواب الكتاب تمشياً مع التطور الحديث فى صناعة المضخات وما طرأ عليها من تحسينات وتنوع .

كذلك ضم الكتاب اشتراطات هيئات التصنيف والتسجيل الدولية لمعاينة المضخات وخطوط الضخ على السفن .

والمأمول أن يكون هذا الكتاب مفيدا بوجه خاص لكافة من يشتغل أو يهتم بأمر محطات القوى أو توريد المياه وصرفها ، أو ضخ البترول أو مكافحة الحريق فى غالبية المجالات العملية ، كذلك يمكن الاستفادة بهذا الكتاب كمنهج مناسب فى المدارس الفنية ومراكز التدريب المهنى وغيرها من المعاهد التى تهتم بدراسة هذا المجال .

ويسعدنا أن نتقدم بخالص شكرنا وعميق تقديرنا لكافة الزملاء المهندسين بالاكاديمية العربية للنقل البحرى على ما أوردوه من توجيه وتشجيع ، ونخص بالذكر المهندس سيد عبد الناصر ، كما نشكر كل من ساهم فى إعداد وتقديم هذا العمل إلى القارئ العربى ونخص بالشكر الناشر منشأة المعارف جلال حزى وشركاه والعاملين فى مركز الدلتا للجمع التصويرى على ما بذلوه من جهد فى طبع هذا الكتاب .

وسوف يسعدنا أن نتقبل من القارئ ما يراه من نقد أو توجيه حتى نتداركه فى الطبعات القادمة ، ونعتذر مقدما عن أى قصور أو خطأ غير مقصود .

« قل لو كان البحر مداداً لكلمات ربى .. لنفد البحر قبل أن تنفذ كلمات ربى ولو جئنا بمثله مدداً » .

ربيع الملط ، عادل المهدى

محتويات الكتاب

الباب الأول
تصنيف المضخات

صفحة

لمحة تاريخية ٣
١ ـ ١ عــام ٥
١ ـ ٢ المضخات الترددية ٥
١ـ٢ـ١ مضخة الفعل المباشر ١٠
١ـ٢ـ٢ مضخة المرفق والحدافة ١١
١ـ٢ـ٣ مضخة القدرة ١١
١ـ٢ـ٤ مزايا المضخات الترددية ١٢
١ ـ ٣ المضخات الدورانية ١٣
١ـ٣ـ١ مضخات التروس المتقابلة ١٣
١ـ٣ـ٢ مضخات الدوارات الرحوية ١٦
١ـ٣ـ٣ مضخات التروس المتداخلة ١٧
١ـ٣ـ٤ المضخات متغيرة الإزاحة ١٨
١ـ٣ـ٥ مزايا المضخات الدورانية ١٨
١ ـ ٤ المضخات الطاردة المركزية ١٩
١ـ٤ـ١ المضخات القطرية ٢١
١ـ٤ـ٢ المضخات المحورية ٢٢
١ـ٤ـ٣ مضخات التدفق المختلط ٢٣
١ـ٤ـ٤ المضخة المحيطية ٢٣
١ـ٤ـ٥ مزايا المضخات الطاردة المركزية ٢٤
١ ـ ٥ المعادن المستخدمة لصناعة المضخات ٣٥

الباب الثانى
المبادئ الأساسية

٢ ـ ١ وحدات القياس ٣٣
٢ ـ ٢ الوحدات الأساسية ٣٣
٢ـ٢ـ١ درجات الحرارة المئوية ٣٤
٢ـ٢ـ٢ درجات الحرارة المطلقة ٣٤
٢ ـ ٣ الوحدات المشتقة ٣٥
٢ـ٣ـ١ وحدة القوة ٣٥
٢ـ٣ـ٢ وحدة الشغل ٣٥
٢ـ٣ـ٣ الحرارة وعلاقتها بالشغل ٣٦
٢ـ٣ـ٤ وحدة القدرة ٣٦
٢ـ٣ـ٥ وحدة الضغط ٣٦
٢ ـ ٤ الخواص الطبيعية للسائل ٣٧
٢ـ٤ـ١ قانون باسكال ٣٧
٢ـ٤ـ٢ الكثافة والكثافة النوعية ٣٩
٢ـ٤ـ٣ اللزوجة ٣٩
٢ـ٤ـ٤ الضغط الجوى ٤٠
٢ـ٤ـ٥ الضغط المطلق والقياس والتخلخل ٤١
٢ـ٤ـ٦ تأثير الضغط على درجة الغليان ٤٣
٢ ـ ٥ وصف التدفق ٤٣
٢ـ٥ـ١ حجم وسرعة التدفق ٤٣
٢ـ٥ـ٢ التدفق المنتظم وغير المنتظم ٤٤
٢ـ٥ـ٣ التدفق الإنسيابى والتدفق الدوامى ٤٤
٢ ـ ٦ العوامل المؤثرة فى التدفق ٤٦

٢ـ٦ـ١ القصور الذاتى ....
٢ـ٦ـ٢ العلاقة بين القصور والقوة ٤٦
٢ـ٦ـ٣ العوامل الحاكمة للفعل الأيدرولى ٤٦
٢ـ٦ـ٤ طاقة الحركة ٤٧
٢ـ٦ـ٥ العلاقة بين القوة والضغط والعلو ٤٧
٢ـ٦ـ٦ العلاقة بين الضغط والعلو فى السوائل المتدفقة ٤٨
٢ـ٦ـ٧ العوامل الإستاتيكية والدينامية ٤٨
٢ـ٦ـ٨ العلاقة بين العوامل الإستاتيكية والدينامية ٤٩
٢ـ٦ـ٩ تقليل الإحتكاك ٤٩
٢ ـ ٧ قياس عوامل التدفق ٥٠
٢ـ٧ـ١ قياس علو (رأسى) الداخل ٥٠
٢ـ٧ـ٢ قياس علو الضغط الاستاتيكى ٥١
٢ـ٧ـ٣ قياس علو السرعة ٥١
٢ـ٧ـ٤ قياس علو الإحتكاك ٥٣
٢ـ٧ـ٥ الطول المكافئ للتجهيزات ٥٤
٢ـ٧ـ٦ المقاومة في خطوط الطرد ٥٤
٢ـ٧ـ٧ المقاومة فى خطوط الشفط ٥٦
٢ ـ ٨ المصطلحات الفنية فى توصيف المضخات ٥٦
٢ـ٨ـ١ السعة ٥٧
٢ـ٨ـ٢ العلو (الرأسى) ٥٧

الباب الثالث

المضخات الترددية

٣ ـ ١ خصائص التدفق للمضخات الترددية ٦٥

٣ ـ ٢ اسطوانة الهواء ٦٨
٣ ـ ٣ منفس الهواء ٦٩
٣ ـ ٤ غرفة الاندفاع ٧٠
٣ ـ ٥ حاكم المياه ٧١
٣ ـ ٦ منظمات الضغط ٧٢
٣ ـ ٧ صمامات الشفط والطرد ٧٣
٣ ـ ٨ صمامات المقعد المزدوج ٧٦
٣ ـ ٩ الصمامات الكروية ٧٦
٣ ـ ١٠ مضخات الرق ٧٧
٣ ـ ١١ الرق للضغط المرتفع ٧٩
٣ ـ ١٢ المضخات الترددية بدون صمامات الشفط ٨٠
٣ ـ ١٣ تتبع الخلل والأعطال ٨١

الباب الرابع
المضخات الدورانية

٤ ـ ١ عام ٨٧
٤ ـ ٢ مضخة الترس المستقيم ٨٨
٤ ـ ٣ المضخات الحلزونية ٨٩
٤ ـ ٤ مضخة الترس الداخلى ٩٦
٤ ـ ٥ المضخات الدوارة من الطراز المنعكس ٩٨
٤ ـ ٦ المضخة الدورانية متغيرة الإزاحة ٩٩
٤ ـ ٧ المضخة الدوارة بالكباسات المحورية ١٠٢
٤ ـ ٨ المضخات الدوارة بالتشغيل على التوالى أو التوازى... ١٠٣
٤ ـ ٩ متاعب المضخات الدوارة ١٠٤

الباب الخامس

المضخات الطاردة المركزية

٥ _ ١ نظرية المضخة المركزية ١١١

٥ _ ٢ أنواع القرابات ١١٦

٥ _ ٣ الاتزان الإيدرولى ومحامل الدفع ١٢٠

٥ _ ٤ المضخات المركزية بالتدفق القطرى ١٢٣

مضخة التغذية التربينية متعددة المراحل ١٢٩

حاكم اللفات بالضغط ١٣١

سقاطة الأمان لتجاوز السرعة ١٣٣

مضخات التزليق بالزيت ١٣٥

آلية التوازن الإيدرولى ١٣٥

مضخة التغذية بالإدارة الكهربية - ١٣٧

٥ _ ٥ المنحنيات الخصائصية ١٣٨

٥ _ ٦ معدل التصريف الفعلى ١٤١

٥ _ ٧ تشغيل المضخات على التوازى ١٤٣

٥ _ ٨ تشغيل المضخات على التوالى ١٤٥

٥ _ ٩ جانب الشفط للمضخة المركزية ١٤٦

٥ _ ١٠ رفع الشفط الموجب الصافى ١٤٦

٥ _ ١١ التكهف ١٤٨

٥ _ ١٢ تأثير اللزوجة على خصائص المضخة ١٤٩

٥ _ ١٣ المنحنيات الخصائصية للمضخة المركزية ١٥٠

٥ _ ١٤ المضخة المروحية ١٥٤

٥ _ ١٥ مضخة التدفق المختلط ١٦٠

٥ _ ١٦ المضخة المحيطية ١٦٤

٥ ـ ١٧ مضخات الآبار العميقة ١٦٦
٥ ـ ١٨ مضخة الآبار العميقة المغمورة ١٧٧
٥ ـ ١٩ مضخة الآبار العميقة بالإدارة الإيدرولية ١٨٠
٥ ـ ٢٠ أعطال التشغيل فى المضخات المركزية ١٨٠

الباب السادس
تركيب وتشغيل المضخات

٦ ـ ١ الموضع ١٨٧
٦ ـ ٢ التثبيت ١٨٧
٦ ـ ٣ مد مواسير التصريف ١٩١
٦ ـ ٤ تركيب خطوط الشفط ١٩٢
٦ ـ ٥ صندوق الحشو (الحبك) ١٩٨
٦ ـ ٦ المحامل والكراسى ١٩٩
٦ ـ ٧ التحضير (بدء التدوير) ١٩٩

الباب السابع
ضواغط الهواء

٧ ـ ١ اختيار الضاغط المناسب ٢١٩
٧ ـ ٢ دورة التشغيل للضاغط الترددى ٢٢٠
٧ ـ ٣ تعدد المراحل فى الضاغط الترددى ٢٢٢
٧ ـ ٤ الكفاءة الحجمية ٢٢٣
٧ ـ ٥ عمل (أداء) الضاغط ٢٢٥
٧ ـ ٦ مكونات وأجزاء الضاغط متعدد المراحل ٢٢٥
٧ ـ ٧ مواصفات الضاغط الترددى ٢٢٧

٧ ـ ٨ ضاغط الهواء بمرحلتين ٢٢٧
٧ ـ ٩ تزليق الضاغط ٢٣٢
٧ ـ ١٠ تركيب الضاغط ٢٣٣
٧ ـ ١١ منظومة الهواء ٢٣٦
٧ ـ ١٢ تشغيل الضاغط ٢٤١
٧ ـ ١٣ صيانة الضاغط ٢٤٢
٧ ـ ١٤ التشغيل الآلى (الأوتوماتى) ٢٤٧

الباب الثامن

شبكات المواسير والأجهزة المساعدة

٨ ـ ١ عام ٢٥٣
٨ ـ ٢ تصنيف المواسير ٢٥٤
٨ ـ ٣ وصلات التمدد للمواسير ٢٥٧
٨ ـ ٤ وصلات التمدد المموجة ٢٦٠
٨ ـ ٥ شفائر توصيل المواسير ٢٦١
٨ ـ ٧ صمامات التوكيد ٢٦٥
٨ ـ ٨ محبس الطبق ٢٦٩
٨ ـ ٩ محبس السكينة ٢٧٠
٨ ـ ١٠ محبس الفراشة ٢٧٢
٨ ـ ١١ المحبس غير الرجاع ٢٧٤
٨ ـ ١٣ محبس الغلق السريع ٢٧٨
٨ ـ ١٤ صمامات تهوية الضغط ٢٧٨
٨ ـ ١٥ صناديق المحابس ٢٧٩
٨ ـ ١٦ صمامات تخفيض الضغط ٢٨٠
٨ ـ ١٧ صناديق الطمى ٢٨٢
٨ ـ ١٨ المصافى والمرشحات ٢٨٣

٨ ـ ١٩ أجهزة قياس الضغط ٢٨٥
٨ ـ ٢٠ وسائل بيان المستوى ٢٨٨
٨ ـ ٢١ عدادات الإزاحة (كمية التصريف) ٢٩٠

الباب التاسع
المضخات الهيدروليكية

٩ ـ ١ عام ٢٩٥
٩ ـ ٢ ميزات نقل القدرة بالطريقة الإيدرولية ٢٩٥
٩ ـ ٣ عيوب نظم التحكم الإيدرولى ٢٩٧
٩ ـ ٤ الدائرة الإيدرولية ٢٩٧
٩ ـ ٥ تكبير القوة بالطرق الإيدرولية ٢٩٩
٩ ـ ٦ تكبير الضغط ٣٠١
٩ ـ ٧ الدائرة الإيدرولية ٣٠٢
٩ ـ ٨ أنواع الدوائر الإيدرولية ٣٠٦
٩ ـ ٩ الدائرة الإيدرولية المفتوحة ٣٠٩
٩ ـ ١٠ المضخات الإيدرولية ٣١٤
٩ ـ ١١ المضخات الإيجابية ٣١٦
٩ ـ ١٢ انواع المضخات الإيدرولية ٣١٨
٩ ـ ١٣ المضخة الترسية الخارجية ٣١٩
٩ ـ ١٤ طريقة عمل المضخة الترسية ٣٢٠
٩ ـ ١٥ مميزات المضخة الترسية ٣٢٢
٩ ـ ١٦ التآكل فى المضخة ٣٢٣
٩ ـ ١٧ المضخة الترسية تعشيق داخلى ٣٢٣
٩ ـ ١٨ مضخة القلب الدوار ٣٢٤
٩ ـ ١٩ المضخة الريشية ٣٢٧
٩ ـ ٢٠ طريقة عمل المضخة الريشية ٣٢٧

٩ـ ٢١ المضخات المكبسية نصف القطرية ٣٢٩

٩ ـ ٢٢ المضخات المحورية بالقرص المائل ٣٣٢

٩ ـ ٢٣ المضخة الكباسية المحورية بالمحور المائل ٣٣٢

٩ ـ ٢٤ المضخات متغيرة الإزاحة ٣٣٣

٩ – ٢٥ المضخة الريشية ٣٣٤

٩ – ٢٦ المضخة الكباسية المحورية متغيرة الحجم الهندسى..... ٣٣٥

الباب العاشر
القواعد والإشتراطات الدولية

١٠ ـ ١ عام ٣٤١

١٠ ـ ٢ تفاصيل التوصيلات ٣٤١

١٠ ـ ٣ المحابس والتركيبات ٣٤٤

١٠ ـ ٤ المضخات ٣٤٧

١٠ ـ ٥ تركيبات المواسير والمضخات ٣٥٠

١٠ ـ ٦ المواسير الواقعة تحت ضغط ٣٥١

١٠ ـ ٧ قائمة الرموز المستخدمة فى الدوائر الإيدرولية ٣٦٩

فهرس المصطلحات

إنجليزى ـ عربى ٣٨٧

كشاف تحليلى

عربى ـ انجليزى ٣٩٥

الباب الأول

تصنيف المضخات

نستعرض فى هذا الباب الطرازات الرئيسية للمضخات وهى الترددية والدورانية والطاردة (المركزية) والنفاثة ، ونبين كذلك تقسيمات كل طراز وأنواعه الرئيسية ، مع بيان مميزات كل منها وعيوبها والمعادن المستخدمة فى تصنيعها .

لمحة تاريخية :

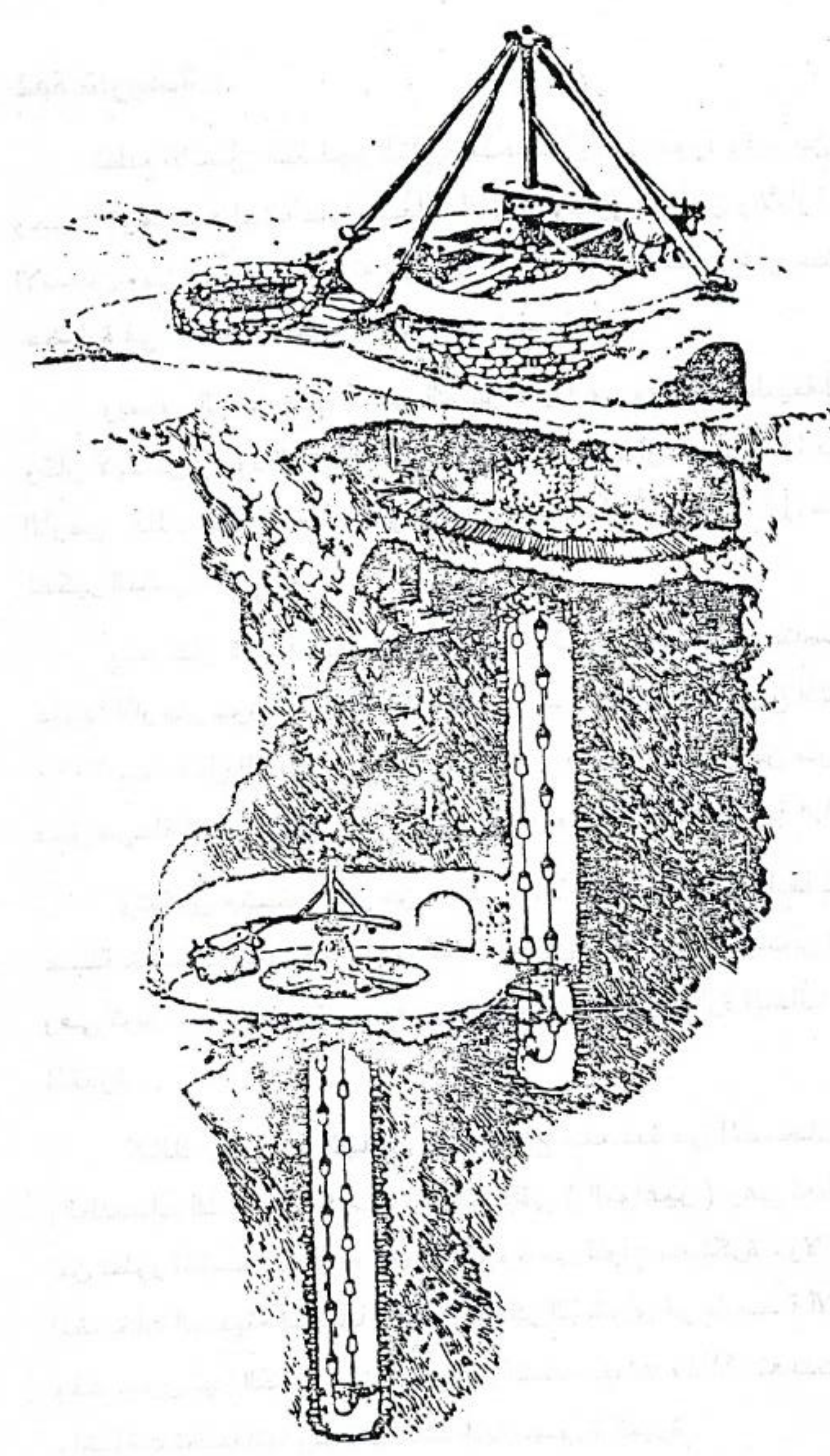
تطلع الانسان منذ فجر التاريخ للحصول على مورد وفير من المياه ، وحيث توافرت حاجته على ضفاف الانهار وحول العيون والآبار .. عاش الانسان وبدأ فجر حضارته ، ولا يخفى أن نيلنا العظيم كان منشأ أول حضارة فى التاريخ ، حضارة المصريين القدماء .

وبمرور الزمن طاب للناس العيش بعيداً عن مصادر الطبيعة للمياه ، وكان لابد من وجود الوسائل التى تحقق نقل المياه أو استخراجها من باطن الأرض ، لذلك كان ضخ المياه ونقلها من المسائل التى كانت أول ما شغل تفكير البشر .

وقد كان قدماء المصريين سابقين فى إيجاد حلول هندسية تدل عليها آثار بئر يوسف بالقاهرة شكل (١ - ١) ، ويرجع تاريخ انشائه إلى ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد ، وعمقه الكلى ٨٩ متر، ويتكون من مرحلتين ، عمق مرحلة الرفع الأولى ٤٠,٥ متر، وعمق مرحلة الرفع الثانية ٤٨,٥ متر.

وتتكون مضخة البئر من سلسلة دلاء (جرادل) متتابعة تلف على عجلة خشبية كبيرة وتدار بواسطة تروس من الخشب تسمى الملفاف ، وهى ترس معشق فى ترس رأسى ويستخدم الثور لإدارة الملفاف كمصدر للقدرة .

كذلك يشاهد حاليا فى ريفنا أنواع متعددة من المضخات البدائية (الطلمبات الترددية) والطنابير، والسواقى (النواعير) وهى تعطينا فكرة عن تطور المضخات إلى ما نجده اليوم من أنواع مبتكرة ، ولا يخفى أن المضخات الحديثة هى نتاج لتطور الفكر البشرى فى خمسة آلاف سنة ، وقد جرى لها الكثير من التطوير والتحسينات ، لذلك تعددت أنواعها واختلفت تطبيقاتها وتباينت انشاءاتها بصورة كبيرة .



شكل ١ ـ ١ : بئر يوسف

١ ـ ١ عام :

يتأسس فعل الضخ فى جميع المضخات على نفس المبادئ العامة ، فاذا كان على مضخة أن ترفع ماء من بئر، فمن الضرورى أولا تفريغ الهواء من حجيرات التشغيل ليدفع الماء بدلا منه ، ويراعى أنه عند حدوث تفريغ جزئى بداخل المضخة فان ضغط الهواء الجوى سوف يضغط على سطح الماء فى البئر ويدفع الماء لأعلى فى الحجرة المفرغة ، وهنا يمكن أن نحتفظ بالماء تحت سيطرة الأجزاء المتحركة للمضخة ، والتى تقوم بدفعه خلال فتحة الطرد ثم ماسورة التصريف .

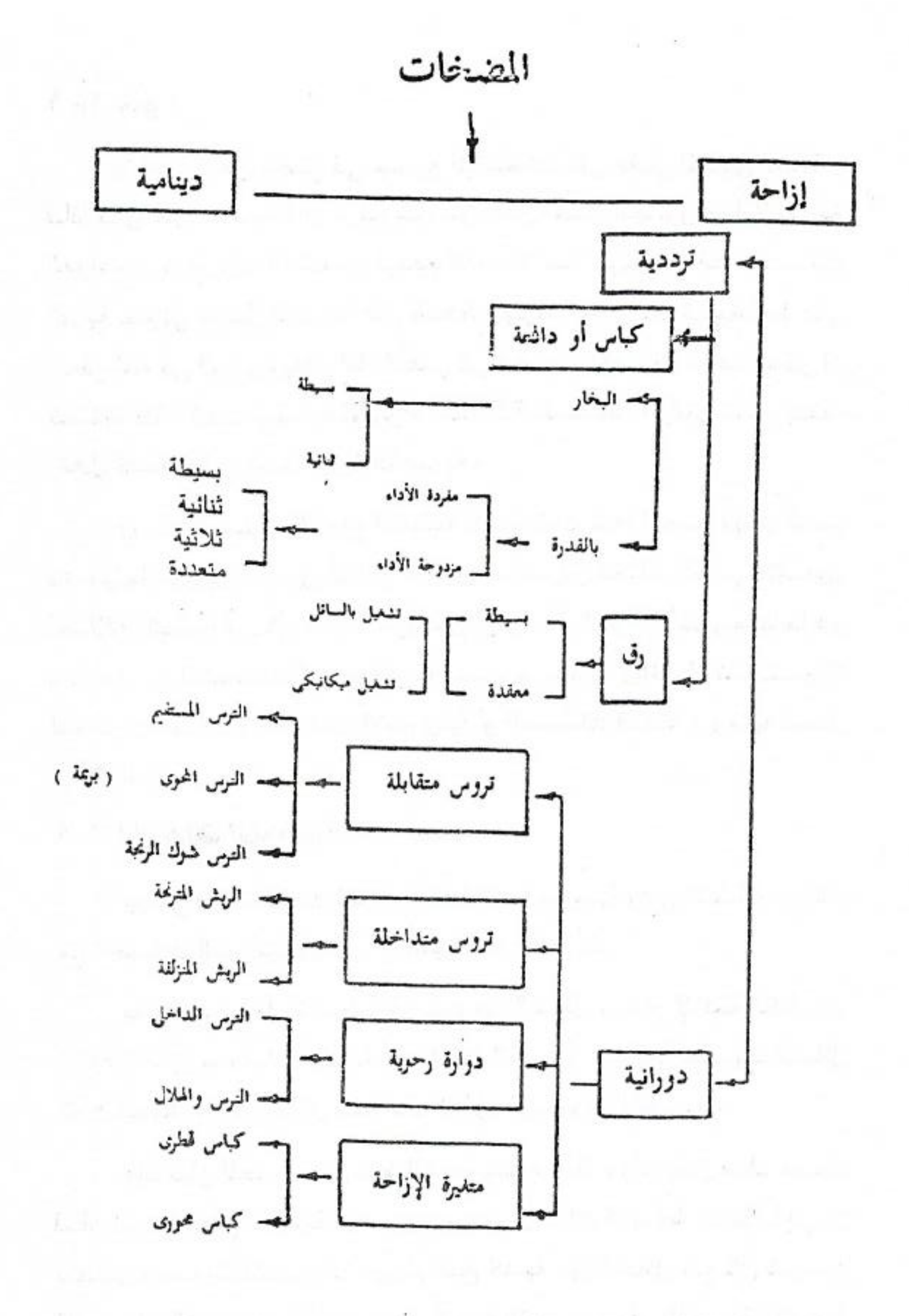
ويمكن تصنيف الأنواع المختلفة للمضخات تبعا لتصميمها أو أسس تشغيلها ، ويبين الجدول التالى نوعين أساسيين تختلف أسس التشغيل إختلافا رئيسيا فى كل منهما ، ويمكن أن يشمل النوع الأخير منها ما هو موجود من المضخات الخاصة وما يستجد منها ، والتى لا تستخدم إلا لغرض واحد منها المضخات الايدرولية أو المضخات النفاثة (ومنها البخار واللافظ) .

١ ـ ٢ المضخات الترددية :

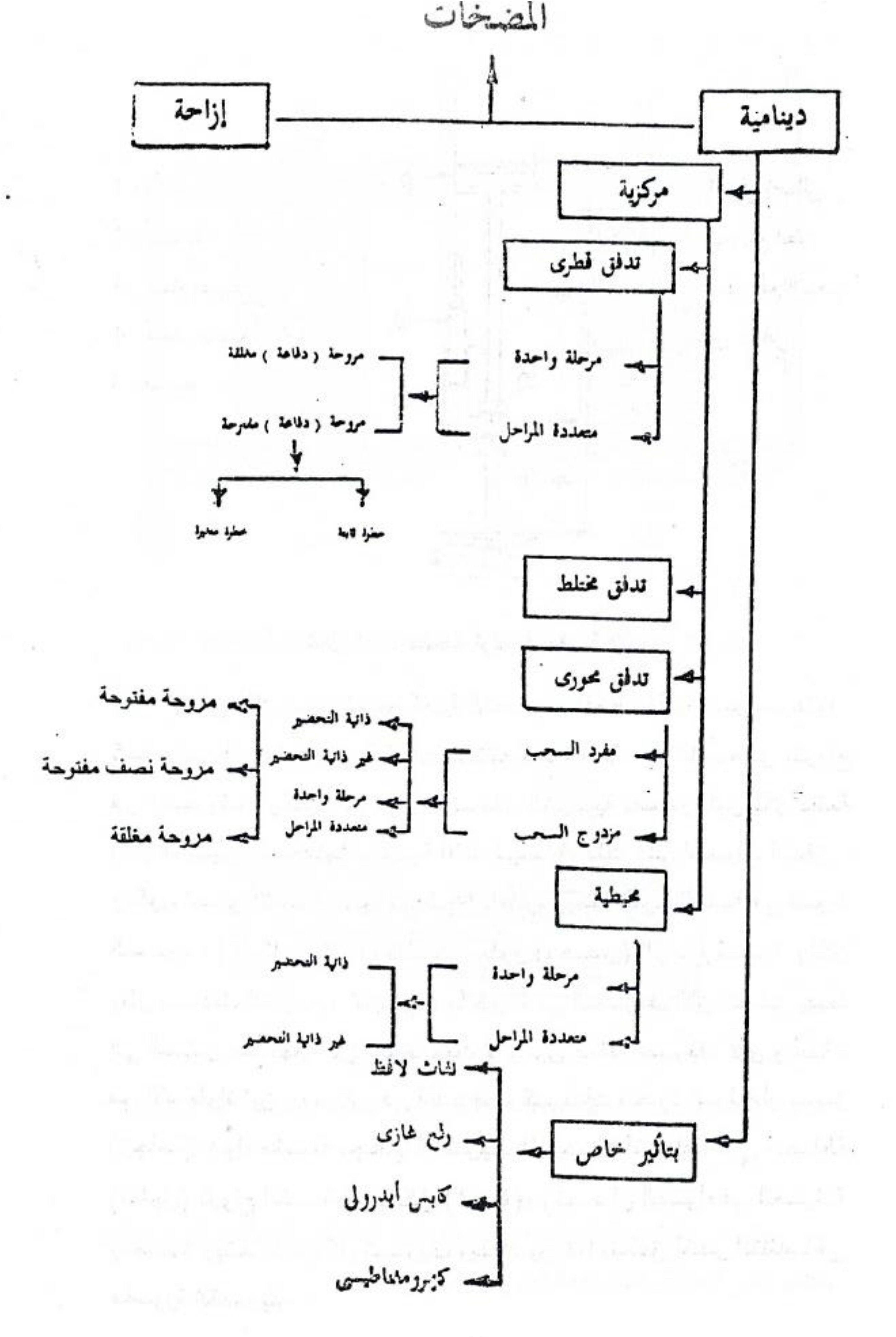
يراعى أن المضخات الترددية لها إزاحة موجبة وهى تتشابه فى ذلك مع المضخات الدورانية ويمكن توضيح أدائها كما يلى :

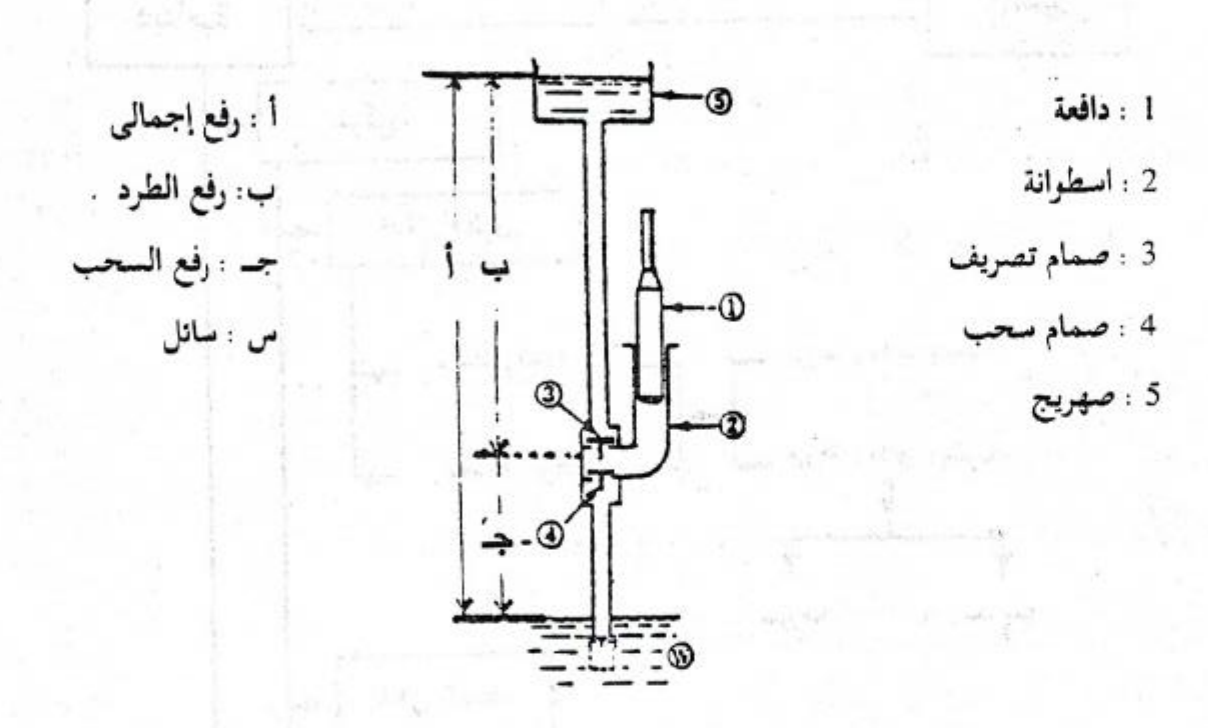
ينسحب بداخل الاسطوانة حجم من السائل مساوٍ لإزاحة الكباس أو الدافعة خلال صمامات الشفط فى شوط السحب ، ثم يتم تصريف السائل تحت ضغط موجب خلال صمامات الطرد فى شوط التصريف .

فإذا كان المحبس على خط التصريف مغلقا ، ولم يكن هناك صمام أمان ليعمل على التهوية ، فسوف يستمر تزايد الضغط بداخلها إلى أن تنفجر ماسورة التصريف ، ويتم ضخ كمية من السائل مع كل شوطين للمضخة الترددية ، لذلك تعتمد كمية التصريف فى المضخة الترددية إعتماداً كليا على سرعتها .



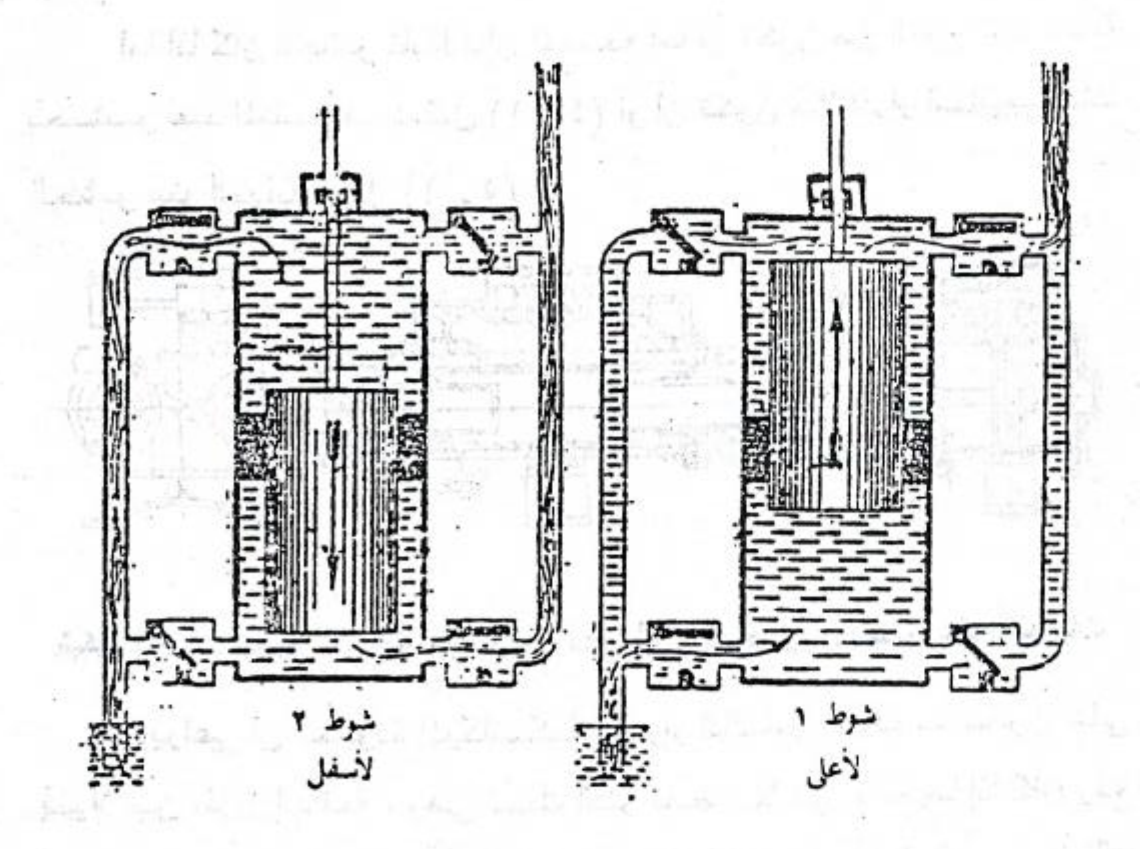
جدول ١-١ : تصنيف المضخات


المضخات
ديناميه
إزاحة
مركزية
تدفق قطرى
مرحلة واحدة
متعددة المراحل
مروحة (دفاعة) مغلقة
مروحة (دفاعة) مفتوحة
خطوة ثابتة
خطوة متغيرة
تدفق مختلط
تدفق محورى
مفرد السحب
مزدوج السحب
ذاتية التحضير
غير ذاتية التحضير
مرحلة واحدة
متعددة المراحل
مروحة مفتوحة
مروحة نصف مفتوحة
مروحة مغلقة
محيطية
مرحلة واحدة
متعددة المراحل
ذاتية التحضير
غير ذاتية التحضير
بتأثير خاص
نفاث لافظ
رافع غازى
كابس أيدرولى
كهرومغناطيسى

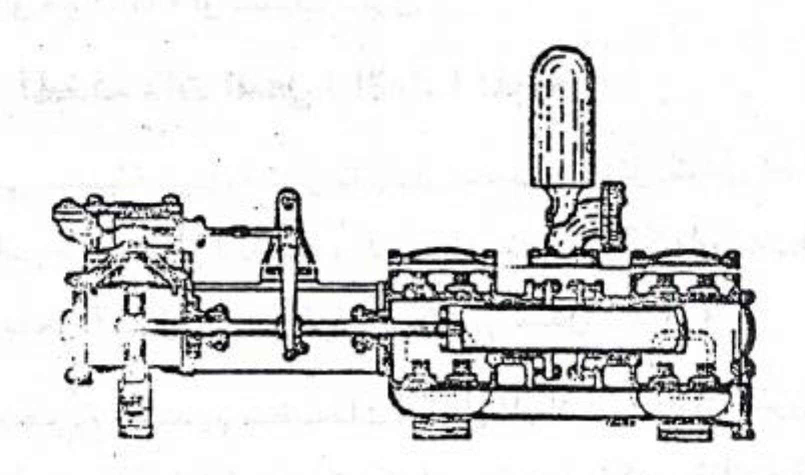


شكل ١-٢ : مضخة ترددية مفردة الأداء

وعلى ذلك يمكن تغيير كمية التصريف للمضخة بتغيير سرعتها ، كما يراعى أن الطرد يتم بكميات متتابعة منفصلة ، ولذلك نحس بترواح فى التصريف ، وكثيرا ما تزود المضخات الترددية باسطوانتين لكل دافعة (من الجهتين) فنجعلها مزودجة الاداء ليساعد ذلك على انسياب التدفق ، وتكون احدى الاسطوانتين فى شوط الطرد بينما تكون الثانية فى شوط السحب ، (شكل ١-٣) ، وذلك مما يطور (يحسن) الوضع كثيرا، ولكن يظل بعد ذلك التراوح (النبض) ملحوظاً فى التصريف لأن التدفق يهبط إلى الصفر عند نهاية كل شوط حيث لا يكون هناك تصريف لأى واحدة ، من الاسطوانتين ، ويراعى فى أغلب التركيبات وجود غرفة أو حيز (زجاجة) هواء متصلة بجانب التصريف للمضخة لتساعد على مضاءلة (تقليل) ترواح الضغط ، شكل (١ - ٤) ، ونجد أن الهواء فى الغرفة ينضغط ويتمدد مع كل تصريف وبذلك يزودنا بتدفق أكثر انتظاما فى ماسورة التصريف .



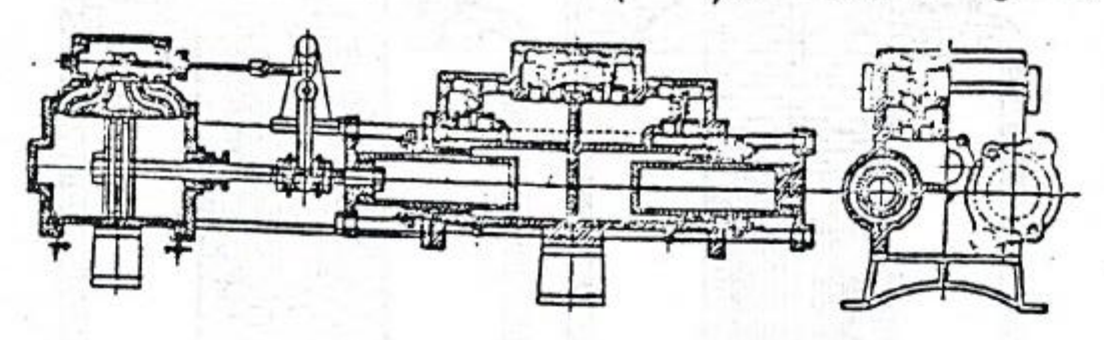
شكل ١ـ٣ : مضخة ترددية بكباس واحد واسطوانتين (مزدوجة الأداء)



شكل ١ـ٤ : مضخة ترددية مباشرة الأداء طراز الدافعة والحشو عند المنتصف

وتسمى المضخة الترددية مضخة طراز الكباس إذا كانت لها حلقات حشو على العضو المتحرك الذى يمدنا بالإزاحة .

أما اذا كان الحشو ثابتا فإن المضخة إما أن تكون من النوع ذات دافعة بحشو عند المنتصف شكل (١ ـ ٤) أو أن تكون من طراز الدافعة ذات الحشو عند النهاية شكل (١ ـ ٥) .



شكل ١ـ٥ : مضخة ترددية مباشرة الأداء طراز الدافعتين والحشو عند النهايات

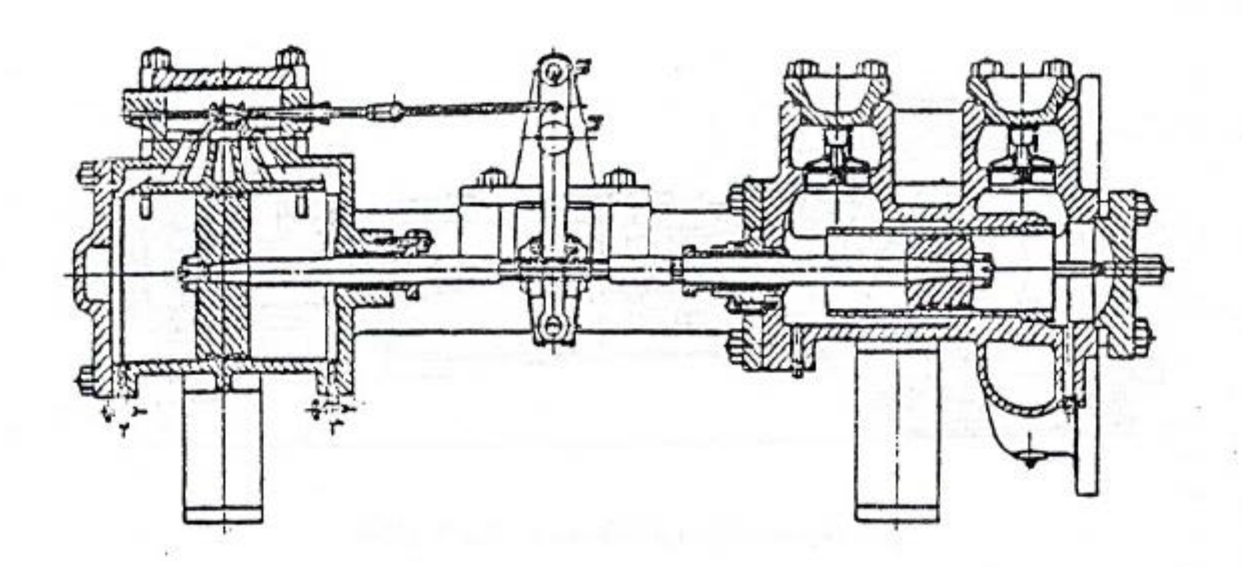
ويراعى أن الجودة الميكانيكية لطراز الكباس عادة ما تكون أعلى قليلا من طراز الدافعة ، وهى لذلك أكثر تفضيلا فى حالة ما إذا كان رفع السحب عاليا وعلى كل حال فان التفضيل لطراز الدافعة خصوصا ذات الحشو عند النهايات عندما تكون لتداول السوائل التى تحتوى على حبيبات أو مواد أكالة أو تسبب البرى .

١ـ٢ـ١ المضخة ذات الفعل (الأداء) المباشر :

هى مضخة ترددية تدار بالبخار بحيث يتصل كباس البخار مباشرة إلى كباس السائل أو الدافعة وذلك بواسطة ذراع الكباس ، ويتحدد طول الشوط بفعل البخار فى اسطوانة البخار (شكل ١ ـ ٦) .

ويجرى تصميم مضخات الفعل المباشر بحيث تكون إما مفردة الفعل ، أى لها اسطوانة واحدة وكباس واحد أو تكون ثنائية الفعل أى لها اسطوانتين أو كباسين ، أو ثلاثية الفعل أى بثلاث اسطوانات وثلاثة كباسات وهكذا .

ونلاحظ أن المضخة المفردة الفعل لها جودة إجمالية أعلى من المضخة الثنائية الفعل ولكن سعرها الابتدائى لوحدة السعة يكون فى العادة أعلى.



شكل ١ ـ ٦ : مضخة ترددية مباشرة الأداء طراز الكباس

كمـا يلاحظ فى المضـخـة الثنائيـة الفـعل أن شـوط أحـد الكبـاسـات او الدافعـات يتراكب (يتـداخل) مع الثانى، ومـعنى ذلك أن بدء الشـوط التالى يتقدم قليلا عن نهاية الشـوط الأول. وفى هـذه الحالة فإن ذلك له تأثير على تقليل الجودة ولكن من جهة أخرى فأنه يعطى تدفقا أكثر انتظاماً .

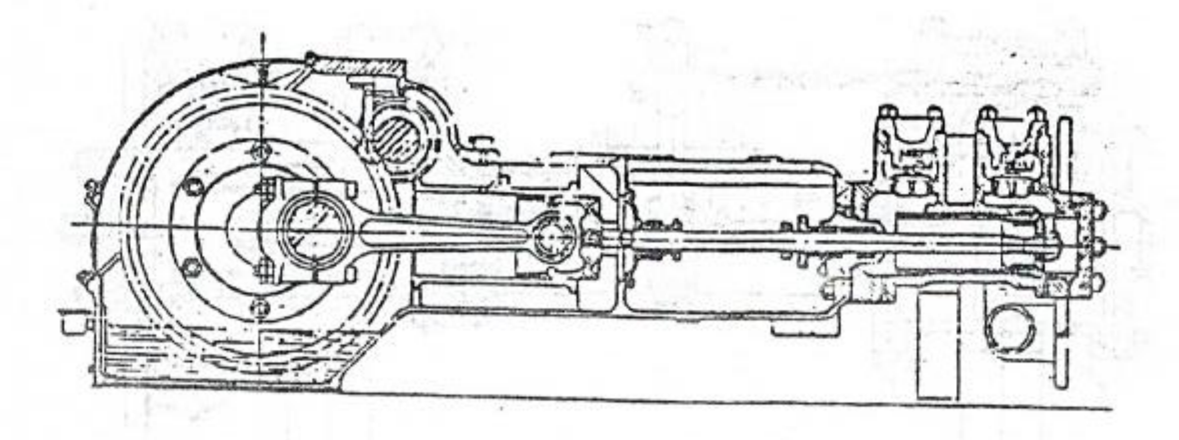
ومن المرغوب فيه عادة أن نقلل ما أمكـن ذلك التنابض فى الضـ ط ، حتى إن كان ذلك يؤدى إلى زيادة استهلاك البخار عن المضـخة الثنائية .

١ـ٢ـ٢ مضخة المرفق والحدافة :

وهـى مضـخة ترددية تدار بالبـخار ، ولهـا عمـود مرفق ومركـب عليه الحـدافـة التى تخـتزن الطاقـة خـلال الجـزء المبكر فى شـوط كـباس البـخـار لتدفع تلك الطاقة إلى كباس السـائل خلال الجزء الأخير من شـوطه ، والذى يكون البـخار عنـده قد انقطع عن اسطـوانة البـخـار ، ويتـحدد طول الشـوط للمضـخة بضـعف ذراع (حدف) عمود المرفق .

١ـ٢ـ٣ مضخة القدرة :

وهـى مـضـخـة ترددية تدار بواسطة مـحـرك قـدرة خـارجى (ديزل أو موتور) ويكون متصلا بعمود مرفق المضـخة شكل (١ ـ ٧) .



شكل ١ ـ ٧ : مضخة ترددية بمحرك قدرة

ويراعى أن جانب السائل فى مضخة القدرة مشابه لجانب السائل فى المضخة البخارية (مباشرة الأداء) وقد تكون مفردة أو ثنائية أو ثلاثية معتمدة على عدد كباسات السائل .

١ـ٢ـ٤ مزايا المضخة الترددية :

كانت المضخة ذات الأداء المباشر فى أوائل هذا القرن من أعظم المضخات انتشارا فى مكنات الضخ ، وبالرغم من استخدام طرازات أخرى لها من الخصائص والأداء ما هو أحسن فى الوقت الحاضر إلا أن الطلب على المضخات الترددية ذات الأداء المباشر مازال قائما ، ويراعى أنها تكون أحيانا أكثر مناسبة لأحوال التشغيل بدون منازع .

ويمكن إيجاز مزايا المضخات الترددية فيما يلى :

١ـ بساطة فكرة تشغيلها وعدم اعتمادها على مستويات تقنية (فنية) مرتفعة فى أعمال الصيانة .

٢ـ ذاتية التحضير، فيمكنها السحب من أعماق بعيدة (إلى حد ما) .

٣ـ يمكنها الضخ إلى إرتفاعات كبيرة وضغوط عالية .

٤ـ تتناسب سعتها مباشرة مع سرعتها .

٥ـ يعتمد عليها ، ويمكنها العمل فى ظروف خدمة شاقة .

٦ـ موجبة الإزاحة ، أى أن كل لفة لابد وأن تؤدى لتصريف كمية معينة من السائل .

١ ـ ٣ المضخات الدورانية :

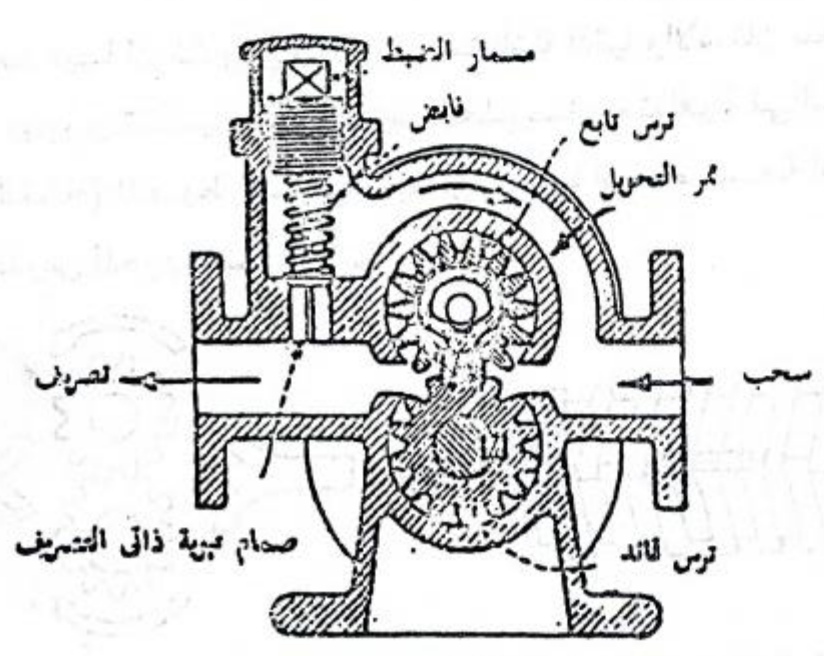
تتميز المضخات الدورانية بأنها مناسبة للاستخدام فى الكثير من التطبيقات ، وبالرغم من أنها تتشابه إلى حد ما فى منظرها الخارجى مع المضخة الطاردة المركزية ، إلا أن خصائص تشغيلها أقرب إلى المضخة الترددية ، إذ أن كلتاهما ذات إزاحة موجبة .

وتجمع المضخة الدورانية بين خواص المضخة الترددية فى إيجابية التصريف وخواص المضخة المركزية من حيث ثبات التصريف وعدم تنابضه ، وفيما يلى أهم أنواع المضخات الدورانية وتصنيفها :

١ـ٣ـ١ مضخات التروس المتقابلة :

(أ) مضخات التروس المستقيمة :

وهناك الكثير من أنواعها ، وقد عرفت فى القرن السادس عشر وكانت تصنع من الخشب فى أبسط أشكالها ، وتتكون كما يتبين فى شكل (١ ـ ٨) من ترسين (متقابلين) يدوران فى اتجاه متضاد ، ويكون الخلوصان الطرفى والجانبى صغيرين للغاية ، وتقوم المضخة عند دوران الترس باصطياد السائل المتدفق بين الاسنان لتدور به من جانب الشفط إلى جانب التصريف .



شكل ١ ـ ٨ : مضخة دورانية طراز التروس المتقابلة ولها صمام أمان (تهوية)

ويتدفق السائل عند بداية دوران المضخة بين أسنان التروس كما لو كان يتدفق فى اسطوانة المضخة الترددية عندما يكون الكباس فى أسفل شوط التصريف ، وعندما ينتقل السائل بين أسنان التروس إلى جانب التصريف فلن يتمكن من العودة ثانية إلى ناحية الشفط هذا إذا كان الخلوص دقيقا لدرجة كافية ، وينتج عن التصريف المتتابع من أسنان التروس إرتفاع الضغط ليدفع السائل فى ماسورة التصريف .

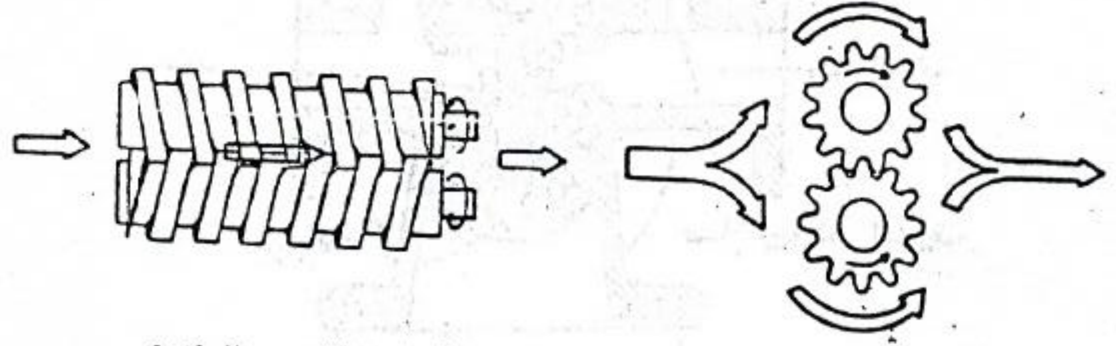
ويمكن استبدال التروس المستقيمة بالقباب (نتوءات مستديرة) المزدوجة أو القباب الثلاثية كما هو مبين بالشكل (١ ـ ٩) .



شكل ١ـ٩ : مضخات تروس متقابلة طراز القبتين أو الثلاثة أو الأربعة

(ب) مضخات التروس (اللولبية) الحلزونية :

ونجد فيها أن التروس الحلزونية متوازنة أفقيا والأسنان معشقة مع بعضها، ويجرى تشغيل هذه التروس بخلوصات متناهية فى الدقة داخل القراب (الغطاء) المحيط بها ، وقد يطلق عليها اسم مضخة البريمة أو مضخة الترس المحوى شكل (١ ـ ١٠) .



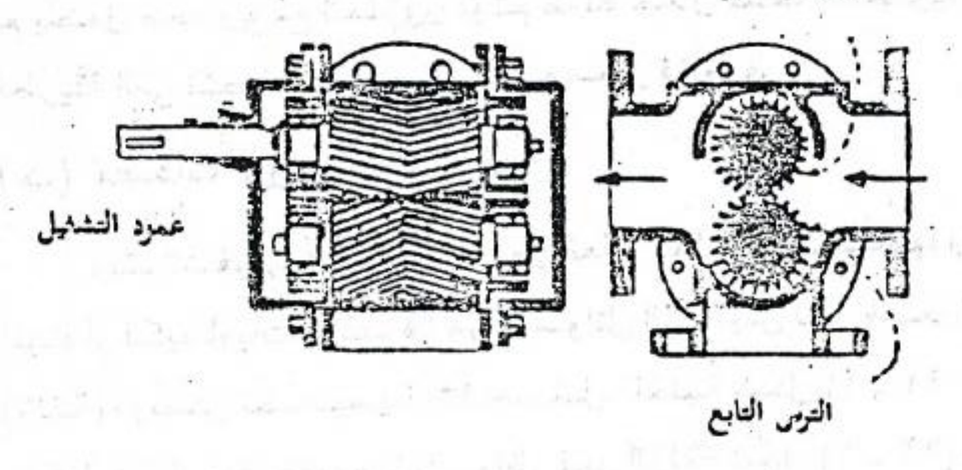
شكل ١ ـ ١٠ : مضخة التروس المتقابلة طراز الترس الحلزونى

ويتم تدفق السائل المضخوخ إلى كل من طرفى الحلزونى حيث يتم اصطياده بين سن الحلزونى (اللولب) والسطح الداخلى للقراب (الغطاء) ، ثم يحمل محوريا مع الحلزون ليتم طرده خلال فتحة التصريف بنفس الطريقة التى تتحرك بها صمولة على مسمار قلاووظ .

(جـ) مضخات تروس شوك الرنجة :

ويتم تشغيلها على سرعات مرتفعة ، كما أن بأستطاعتها أن تتداول المياه أو الكيماويات أو غيرها من السوائل التى ليس لها طبيعة تزليقية (زلقة)، ويمكن تصميمها إما بمحامل داخلية شكل (١ ـ ١١) أو تكون محاملها خارجية خصوصا للسوائل غير الزلقة شكل (١ ـ ١٢)، ويسمح لنا تصميم تروس الرنجة بانسياب ونعومة التشغيل ، ولما كانت التروس متماسة دائما فى نقطتين على الأقل فأنها بذلك تكون أكثر اتزانا من وجهة الدفع الجانبى .

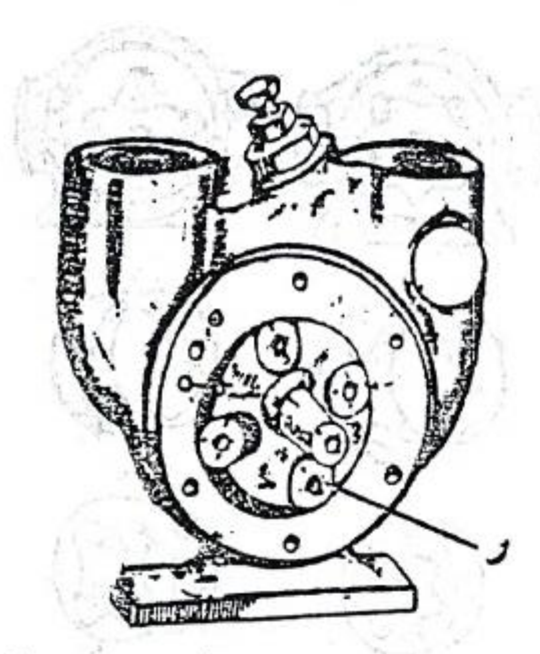
شكل ١ ـ ١١ : مضخة ترس بريمة بمحامل داخلية



شكل ١ ـ ١٢ : مضخة ترس الرنجة بمحامل وتزليق خارجى

١ـ٣ـ٢ مضخات الدوارات الرحوية :

يبين شكل (١ ـ ١٣) أحد أنواع هذه الطرازات، وهى تعمل على مبدأ الحركة الرحوية الناشئة بسبب اختلاف مركز الدوارة عن مركز الاسطوانة التى تدور بداخلها ، فتكون تفريغا يشبه الهلال ، بحيث يتحرك مع دوران الدوارة من ناحية الشفط إلى ناحية الطرد ، ونجد بالدوارة أربعة مشقبيات تحتجز بداخلها أربعة دوارات (اسطوانات) صغيرة (ر) لتحكم التماس بينها وبين الجدار الداخلى لاسطوانة المضخة ، وتحتجز السائل لتدور به من ناحية الشفط إلى ناحية الطرد، وتعمل القوة الطاردة المركزية دائما على دفع الدوارات السائبة للخارج بحيث تحكم تماسها فى حالة الدوران مع جدار الاسطوانة .



شكل ١ ـ ١٣ : مضخة دوارة رحوية

ومن الممكن أن تستبدل الدوارات السائبة بالريش المنزلقة أو الريش المترنحة ، لتؤدى نفس الغرض السابق توضيحه .

١ـ٣ـ٣ مضخات التروس المتداخلة (الرحوية) :

يبين شكل (١ـ ١٤) نوعين لمضخات التروس المتداخلة ، وتتكون وحدة الضخ من عضوين دوارين أحدهما داخلى والآخر خارجى ، يدوران فى جلبة ممكن استبدالها وموجودة بداخل قراب (علبة) المضخة ، ويلاحظ أن العضو الدوار الداخلى اللامتمركز بالنسبة للعضو الدوار الخارجى يكون متصلا بعمود الادارة، كما أن عدد أسنانها (أو قبابها) تكون أقل من أسنان العضو الدوار الخارجى وسوف يتسبب دوران العضو الداخلى فى خلق جيب متزايد السعة ما بين الدوارتين فى الجزء الصاعد ويناظره جيب متناقص السعة فى الجزء الهابط بينهما وبالتالى تتم الازاحة ، ويتحقق فعل الضخ بسحب السائل للمضخة خلال فتحات العضو الدوار الخارجى عندما يتزايد حجم أو مقياس الجيب أثناء الحركة الصاعدة ثم تقوم بدفعه من الجانب المضاد فى المضخة خلال الحركة الهابطة عندما يتناقص حجم الجيب .



شكل ١ ـ ١٤ : مضخات التروس المتداخلة

١ـ٣ـ٤ المضخات متغيرة الإزاحة :

تعتبر المضخات متغيرة الإزاحة من أهم الأنواع المستخدمة فى الدورات الإيدرولية ، وهى تقوم بتغيير كمية التصريف الخارجى منها تبعا لمتطلبات التشغيل عن طريق تحكم وقتى بحيث يمكن أن يتواءم مقدار الضخ المطلوب منها مع قوة الضغط الإيدرولى المطلوب تحقيقه ، وسوف يتم شرحها تفصيلا فى الباب الرابع .

١ـ٣ـ٥ مزايا المضخات الدورانية :

تتميز المضخات الدورانية بأنها قابلة للاستخدام فى أكثر الأغراض المطلوبة لمختلف طرازات مكنات الضخ ، لذلك يتم انتاجها بأعداد كثيرة من مختلف الأنواع ، وينتشر استخدامها كل عام فى مجالات متنوعة من الخدمات ، ويمكن ايجاز مزايا المضخات الدورانية فيما يلى :

١ـ تقوم بتصريف السائل فى تدفق مستمر خاليا من التراوح (النبض)، وبذلك لا تستلزم غرف (اسطوانة) هواء لتمتص الصدمات الناتجة عن التصريف المتقطع .

٢ـ موجبة الإزاحة ، ولا تستلزم تجهيزات التحضير لبدء التدوير .

٣ـ بسيطة فى إنتاجها ، إذ لا يوجد بها صمامات شفط أو تصريف .

٤ـ أصغر فى أبعادها لسعة معينة فتشغل فراغا أقل من المضخة الترددية .

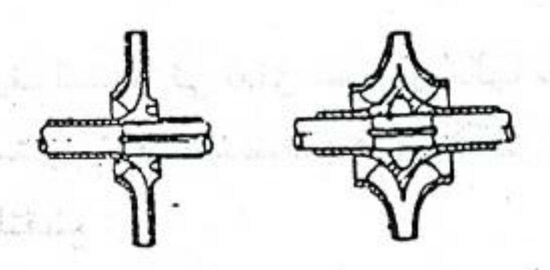
٥ـ أوفر فى ثمنها وأسهل فى تركيبها ، إذ لا تتطلب أساسات كبيرة لتمتص صدمات الأجزاء الترددية والتصريف المتقطع .

٦ـ أسهل فى صيانتها فليس بها صمامات أو نوابض (يايات) تستلزم الكشف الدورى أو الاستبدال .

١ ـ ٤ المضخات الطاردة المركزية :

تتكون المضخة الطاردة المركزية من دفاعة تشبه المروحة ، بها فتحة دخول عند مركزها ، ويجرى ترتيبها بحيث تطرد السائل إلى القراب (الغلاف) المحيط بالدفاعة عند دورانها ، وذلك عن طريق القوة الطاردة المركزية ، وعندما يترك السائل الدفاعة يكون قد اكتسب سرعة عالية ، وتكون وظيفة القراب (الغطاء) أن يعمل على ابطاء سرعة السائل تدريجيا، وعلى ذلك يقوم بتحويل علو (عمود) السرعة الناتجة عن الدافعة إلى علو (عمود) ضغط نحتاج اليه عند فتحة التصريف .

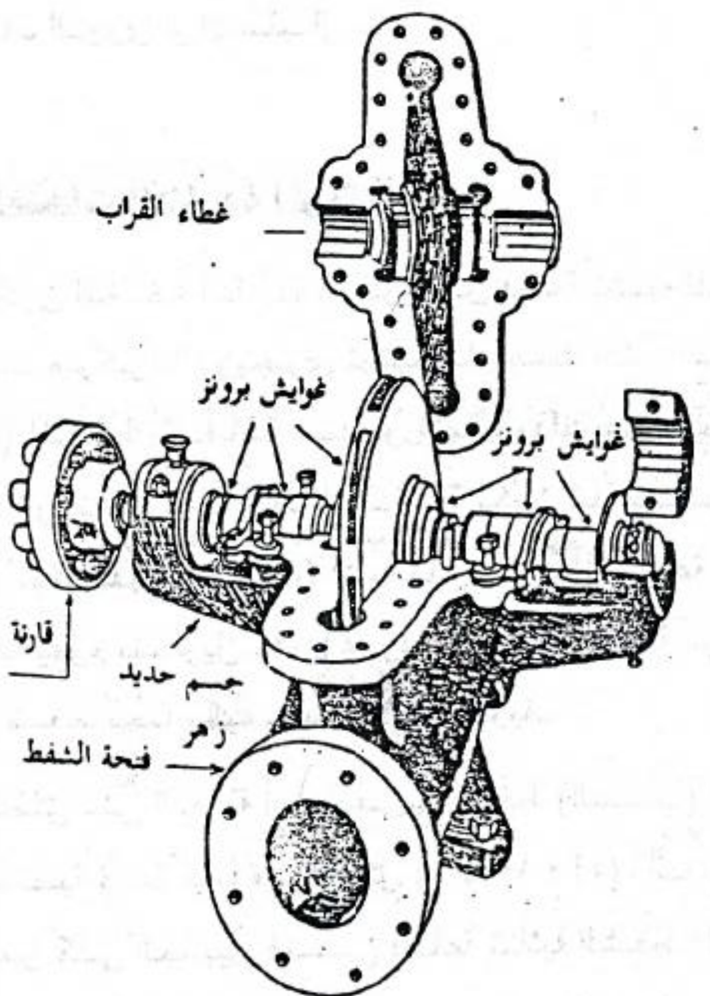
وتطلق على الدفاعة اسم مفردة الشفط (السحب) اذا كان الماء يدخل لها من ناحية فقط كما فى الشكل (١ ـ ١٥ «أ»)، أما اذا كان الماء يدخل للدفاعة من كلى الجانبين فتسمى دفاعة ثنائية الشفط (السحب) كما فى شكل (١ ـ ١٥ «ب») .



(ب) دفاعة مزدوجة   (أ) دفاعة مفردة الشفط

شكل ١ ـ ١٥ : المضخات المركزية القطرية

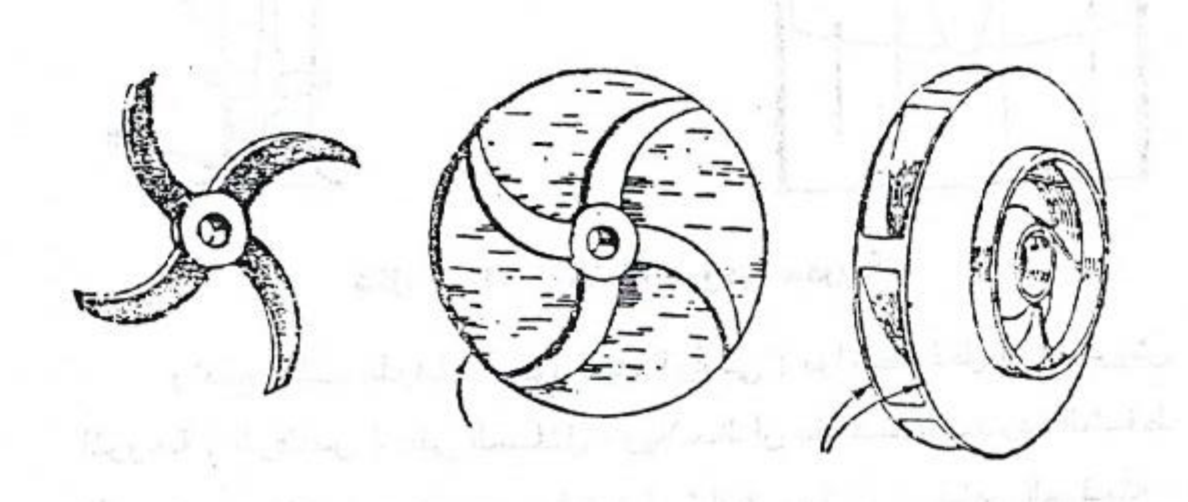
ويراعى أن المضخة الطاردة المركزية مفردة المرحلة لها دفاعة واحدة شكل (١ ـ ١٦)، أما المضخة الطاردة المركزية متعددة المراحل فلها دفاعتين أو أكثر فى قراب (غلاف) واحد، ويتم ترتيب القراب (الأغلفة) بحيث يؤدى تصريف احدى الدفاعات إلى فتحة الدخول وشفط الدفاعة التى تليها، وهكذا.



شكل ١ ـ ١٦ : مضخة مركزية (طاردة) قطرية

١ ـ ٤ ـ ١ المضخة الطاردة المركزية القطرية :

وتتميز أنها ليس بها صمامات أو كباسات أو أذرع حولها حشو مثلما تتطلبه المضخة الترددية ، وقد أدى ذلك إلى استخدام المضخة الطاردة المركزية لتداول السوائل التى تحمل مواد صلبة ويراعى أن الدفاعة قد تكون من الطراز المغلق، شكل (١ ـ ١٧ « أ ») ومعناه أن حوائطها الجانبية تمتد من حافة فتحة دخول السائل (الشفط) حتى المحيط الخارجى لأطراف الريش ، أو قد تكون من الطراز المفتوح ، ومعناه أنها ليس لها حوائط جانبية متصلة شكل (١ ـ ١٧ «جـ»)، وهناك النوع الثالث من الطراز نصف المغلق شكل (١ ـ ١٧ «ب»)، ويمكن تصميم الدفاعة من أى نوع من الأنواع السابقة بحيث تكون متسعة الممرات لتسمح بمرور مواد صلبة كبيرة ، ويطلق على تلك الدفاعات اسم دفاعات غير قابلة للانسداد أو الدفاعات الخاصة بالمجارى .



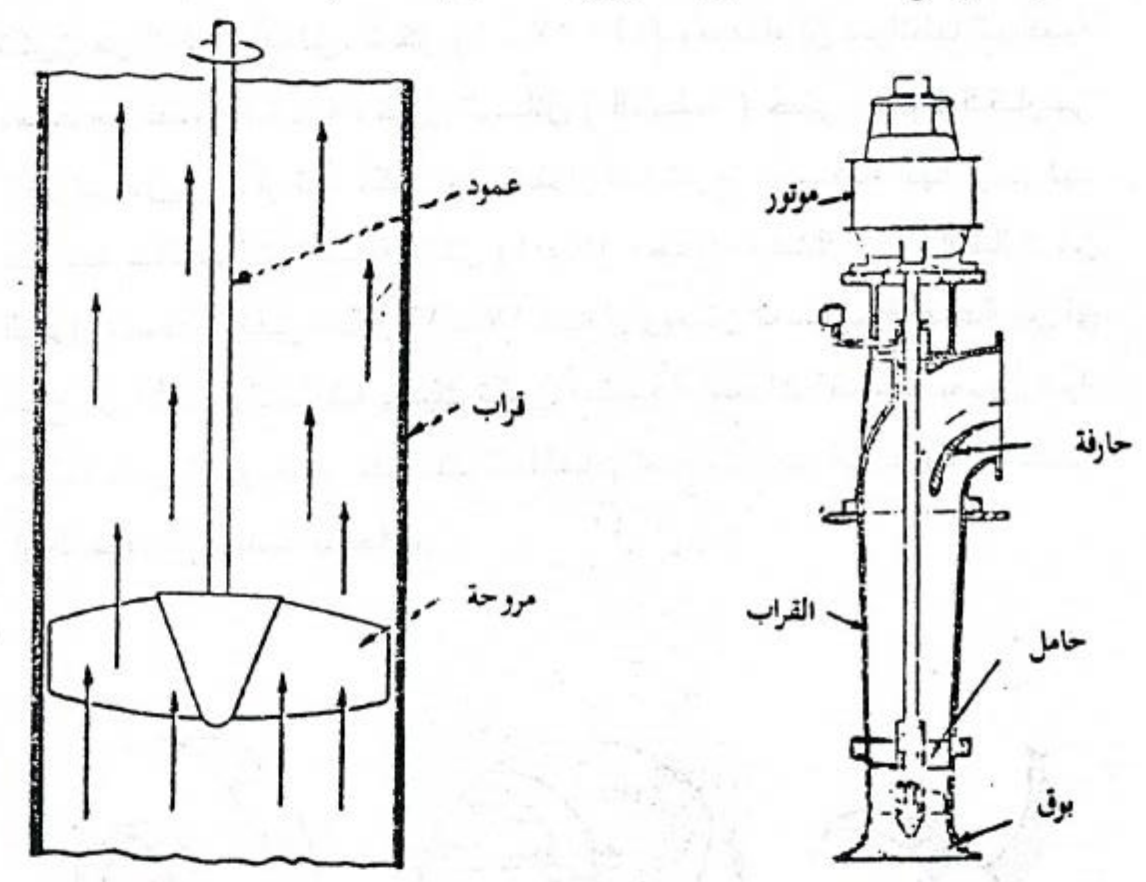
(أ) دفاعة لها حائطين (ب) دفاعة بحوائط واحد (جـ) دفاعة بدون حوائط

طراز مغلق طراز نصف مغلق طراز مفتوح

شكل ١ ـ ١٧ : طرازات الدفاعات (المرواح) فى المضخات المركزية (الطاردة) القطرية

١-٤-٢ المضخة المروحية (المحورية) :

وقد تم تطويرها لتضخ كميات كبيرة جدا من المياه إلى علو منخفض أقل مما يدخل فى نطاق عمل المضخة الطاردة المركزية بكفاية مناسبة ، وهى مضخة تدفق محورى مستقيم شكل (١ - ١٩) .

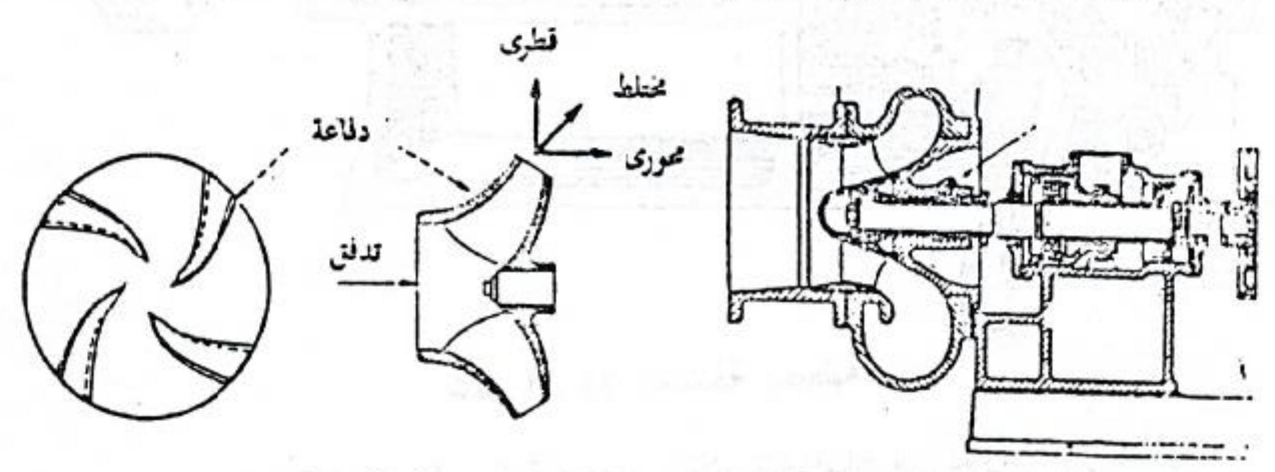


شكل ١ - ١٩ : مضخة مروحية محورية

وتنتج أغلب علوها (عمود المياه الرأسى) بواسطة فعل الدفع لريش المروحة (الرفاص) على السائل ، ويلاحظ أن دفاعتها مفردة الشفط (السحب) وتتكون عادة من ريشتين أو ثلاث ، وتشبه رفاص السفينة ، وفى بعض الأحيان يمكن تغيير وضع الريش وضبطها لتناسب أعمدة مياه رأسية مختلفة ، ويشيع استخدام المضخة المروحية فى أعمال الرى والصرف وأحواض بناء السفن وأعمال السدود والخزانات ، وغيرها من الخدمات التى تتطلب ضخ كميات وفيرة من المياه بضغوط منخفضة ، أى ضخ المياه إلى علو بسيط .

١ـ٤ـ٣ مضخة التدفق المختلط :

تجمع هذه المضخة بين المضخة القطرية والمضخة المحورية ، وتحقق مضخة التدفق المختلط الضغط الرأسى للسائل بواسطة القوة الطاردة المركزية جزئيا بالاشتراك مع الدفع الناشئ من الريش على السائل كما فى المضخة المروحية ، ويراعى أن للدفاعة مدخلا مفردا ويدخل التدفق محوريا ولكن التصريف يكون فى كل من الاتجاهين المحورى والقطرى ، ويكون التصريف عادة فى قراب (غلاف) على شكل حلة ، شكل (١ ـ ٢٠) .

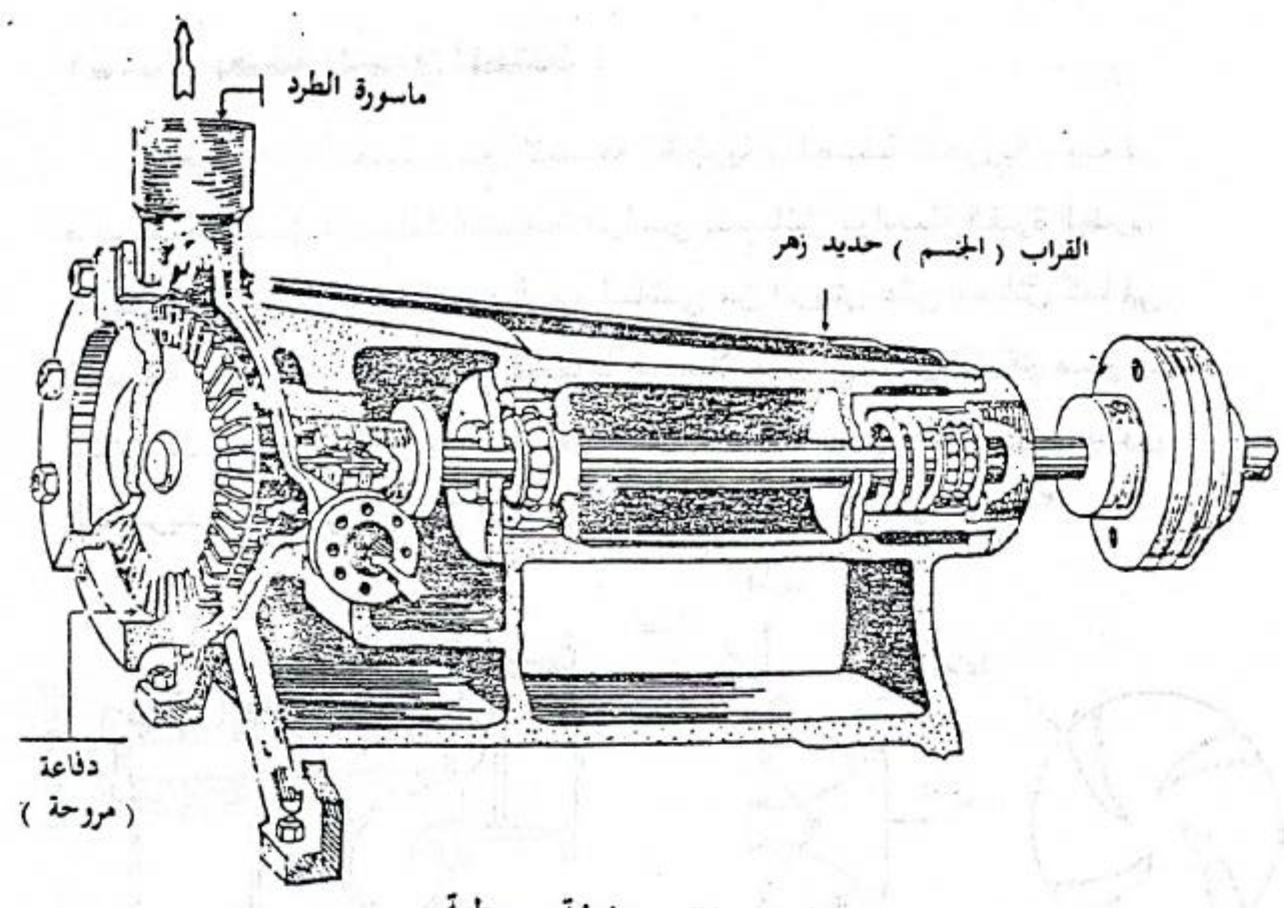


شكل ١ ـ ٢٠ : مضخة التدفق المختلط (محورية وقطرية)

وتستخدم مضخة التدفق المختلط فى الحالات التى يتطلب فيها سعة أكبر مما تحققه المضخة الطاردة المركزية العادية وأقل مما هو فى المضخة المحورية (المروحية)، مع ملاحظة أن علو (رأسى) الضغط يقع بين ما تحققه المضخة المحورية وما تحققه المضخة القطرية .

١ـ٤ـ٤ المضخة المحيطية :

وهى مضخة طاردة مركزية لها دفاعات من الطراز المفتوح ومتعددة المراحل، ويتكون قرابها من أطواق مستقلة تجمع مع بعضها وبينها الدفاعات ، شكل (١ـ ٢١)، وينشأ علو (رأسى) الضغط الكلى باعادة تداول السائل خلال سلسلة من الريش الدوارة ، ويتوالى تصاعد الضغط كلما مر السائل من مدخل الشفط إلى مخرج التصريف .



شكل ١ ـ ٢١ : مضخة محيطية

وتجد المضخة المحيطية عددا من الاستخدامات فى دورات توريد المياه وفى الصناعة خصوصا معامل الألبان، ويمكن تصميم هذه المضخة بحيث يمكن تفكيكها بسهولة دون اعتراض وصلات الشفط والتصريف، وهذا مما يسهل عملية تنظيفها وتقليل الوقت اللازم للصيانة، وهى تستخدم فى مداولة اللبن والقشدة والمثلجات المتجمدة، ويلاحظ فى تصميم هذه المضخات أن قرابها (غلافها) مربوط بقوامط بحيث يمكن تفكيكه للغسيل فى ثوان معدودة.

١ـ٤ـ٥ مميزات المضخات الطاردة المركزية :

نالت المضخات الطاردة المركزية كثيرا من الإهتمام منذ بداية هذا القرن سواء من ناحية التصميم أو التطبيق، وقد تحسنت كفايتها حتى بلغت حدا فائقاً من الكفاية، ونتج عن ذلك أن عم استخدامها فى أغلب تطبيقات الضخ .

ويمكن أيجاز مزايا المضخات المركزية فيما يلى :

١ـ أقل فى فاقد نقل الحركة (نقل القدرة المفقودة) .
٢ـ تشغل حيزاً صغيراً .
٣ـ وزنها بسيط نسبياً .
٤ـ سعرها رخيص نسبياً .
٥ـ أجزاؤها أخف فى التداول عند اجراء الصيانة .
٦ـ ليس بها أجزاء داخلية تحتك فى بعضها .
٧ـ يمكن تشغيلها بخلوص داخلى كبير نسبياً .
٨ـ أحسن فى اتزانها وبدون تأثيرات للقصور (الذاتى) .
٩ـ تدفق منتظم غير متنابض .
١٠ـ يمكن تشغيل الوحدة وصمام الطرد مغلق بدون أن تنشأ ضغوط مرتفعة .
١١ـ لا يتلامس السائل المضخوخ بها مع مزلقات (زيوت أو شحوم) كراسى عمود الدوران .

أما عيوبها فهى :

١ـ ليست ذاتية التحضير، وإن كان من الممكن تزويدها بتجهيزات اضافية (ملحقة) لهذا الغرض .
٢ـ تقل كفاءتها فى الأحجام الصغيرة .

١ ـ ٥ المعادن المستخدمة لصناعة المضخات :

يمكن تقسيم المضخات من حيث المعادن المستخدمة فى صناعتها إلى أربعة أنواع :

١ـ مضخات مزودة بالبرونز .
٢ـ مضخات كلها من البرونز .
٣ـ مضخات كلها من الحديد .
٤ـ مضخات مقاومة للاحماض .

ولعل المضخات المزودة بالبرونز هى الطراز الشائع الاستخدام، وفيه يكون القراب (غلاف) والقارنة من الحديد الزهر ويكون عمود التشغيل من الفولاذ (الصلب) بينما تكون الدافعة وحلقات البلى (أو الغوايش) من البرونز وتكون جلب الكراسى لعمود الادارة (اذا استخدمت) من البرونز أيضاً .

ويراعى أن المضخات التى كلها من البرونز يزيد سعرها من ٥٠٪ إلى ٧٥٪ عن المضخات المزودة بالبرونز، بينما يصل سعر مضخات حديد زهر النيكل إلى أزيد من ١٥٪ إلى ٢٥٪ عن المضخات المزودة بالبرونز، أما مضخات معدن « مونل »، $\frac{١}{٣}$ نيكل ، $\frac{١}{٣}$ نحاس تقريبا ، فيصل سعرها من ثلاثة إلى خمسة أضعاف المزودة بالبرونز .

وقد تستخدم أحيانا المضخات المزودة بالبرونز فى فترات الاختبار الأولية لأى مشروع، على أن تستبدل مؤخرا بالمضخات النادرة غالية الثمن عندما ينتهى التوازن النهائى للمشروع .

ونجد فى المضخات المقاومة للاحماض أن كافة الأجزاء المحتمل تلامسها مباشرة مع السائل المضخوخ تكون مصنوعة من مواد مقاومة للصدأ (التحات الكيمائى) ، كما أنها لا تتفاعل مع الأحماض الموجودة فى السائل .

ويلاحظ أن هناك أنواع معينة من السائل تقوم بفعل اليكتروليتى وهى تسبب بذلك مشكلة التحات (التصدأ) الجلفانى بالإضافة إلى الصدأ العادى، وينتج التحات من استخدام معدنين مختلفين فى خواصهما الكهروكيميائية فى سائل اليكتروليتى (ملحى موصل للكهرباء)، فمثلا لا يجوز ضخ ماء البحر إلا بمضخة من المضخات التى كلها برونز أو كلها حديد ، أما عند استخدام مضخة مزودة بالبرونز فسوف يحدث تحات خطير بفعل الجلفنة، كما تحدث نفس الظاهرة فى ضخ المحاليل الملحية (مثل البراين وهو ماء مذاب فيه كلوريد الكالسيوم أو كلوريد الصوديوم)، ولعل ذلك من الأخطاء الشائعة التى لا يصح الوقوع فيها .

ولعل أغلب صناع المضخات مستعدين لانتاج مضخات خاصة من الحديد الزهر أو البرونز أو حديد النيكل أو معدن (مونل) أو الفولاذ المصبوب أو فولاذ المنجنيز أو فولاذ الكروم أو أى سبيكة أخرى لتناسب حالات الصدأ أو التحات الشديد (البرى والتآكل) وتم حاليا تجهيز قائمة خاصة بمختلف المواصفات اللازمة لأنواع المضخات بواسطة لجنة الترحيد القياسى لجمهورية مصر العربية .

ويراعى أن هناك مواد تبادلية لانتاج معادن قياسية أقل تكلفة وغالبا ما يستخدم البرونز والحديد المحتوى على مكونات سبائكية خاصة لضخ السوائل الحمضية أو المسببة للتحات، وقد تستخدم السبائك الغالية لحالات خاصة يمكن فيها استخدام السبائك الأرخص دون تأثير كبير من وجهة نظر التصدأ ولكن العملية هى أن نوع السائل المضخوخ يمكن أن يتغير نتيجة اختلاطه بكميات بسيطة من الاملاح المعدنية الناتجة عن التفاعل الكيماوى بين السبائك والسائل المنصرف .

كذلك قد تتسبب السبائك الرخيصة فى احداث أى من التغييرات التالية :

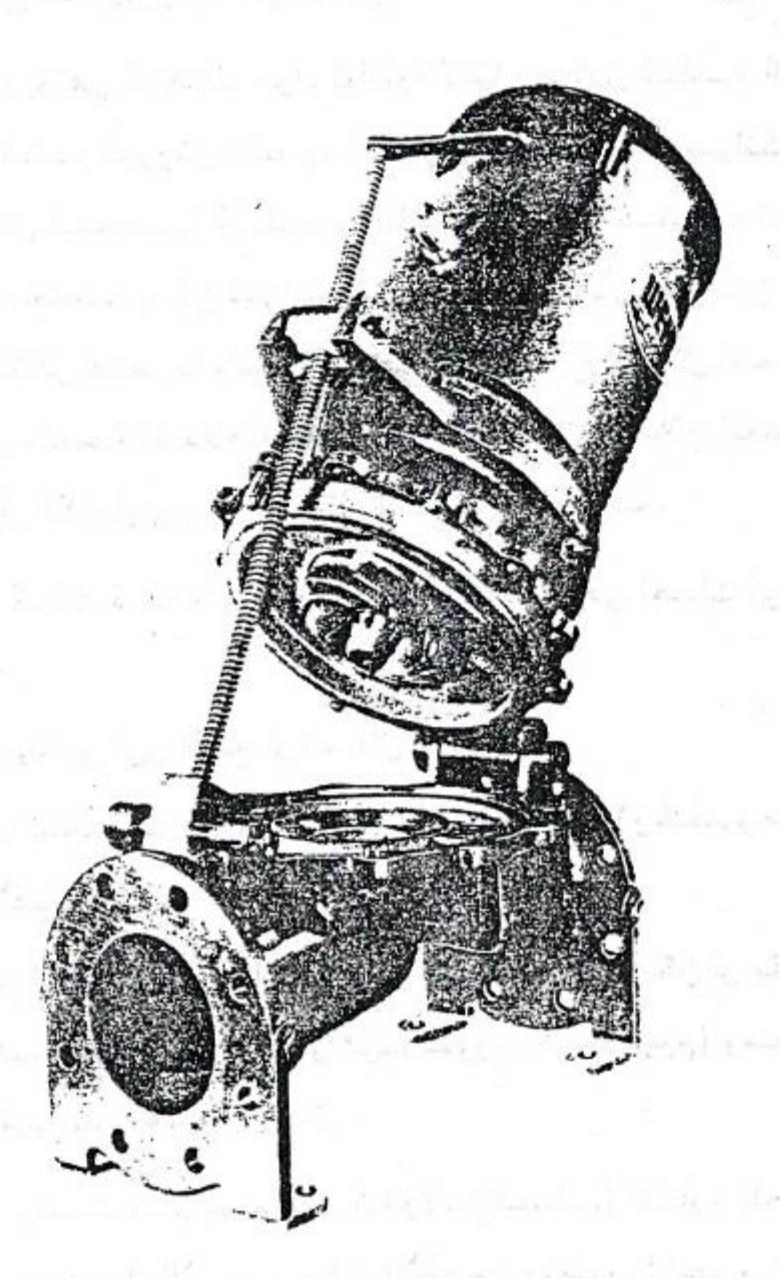
١ـ قد يتغير لون المنتج أو السائل المضخوخ .

٢ـ قد تتصاعد غازات أو تنتج أملاحا سامة (وخصوصا فى منتجات الأغذية) .

٣ـ قد تتغير مواصفات السائل فى المضخة (يمكن أن يقلل البرونز من اكسيد الهيدروجين أو هيبوكلوريد الصوديوم) ومعنى ذلك حدوث تغييرات كيماوية للسائل .

وتستخدم مضخات الفولاذ (الصلب) المقاوم للصدأ فى صناعة الورق ومعامل الألبان وحفظ الأطعمة وتعليب اللحوم، كما تستخدم مضخات فولاذ (صلب) المنجنيز فى ضخ الرمال والحصى والرماد .. ومحتويات المجارى ..

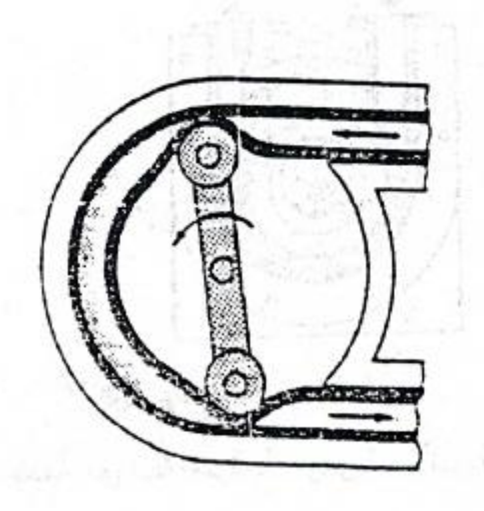
والمعروف أن سبائك الحديد والسليكون العالى تقاوم معظم الاحماض التجارية لدرجة كبيرة عمليا (ماعدا حمضى الايدروفلوريك والايدروكلوريك اذا كانا بتركيز مرتفع). وتستخدم المضخات المبطنة بالرصاص فى حالة الاحماض المهاجمة للمعادن مثل الكبريتيك والنتريك. كما أن هناك بعض المضخات المبطنة بالبلاستيك أو بالدائن.



شكل ١ ـ ٢٢ : مضخة مركزية والقراب أفقى بمفصلة



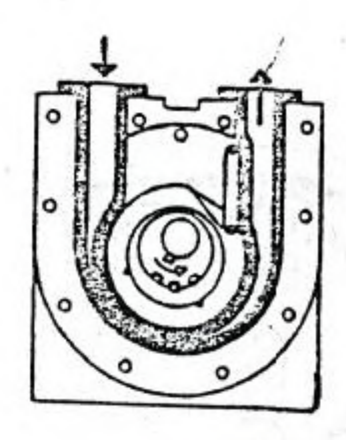
شكل ١ . ٢٣ : دفاعات مختلفة مصنوعة من البرونز



شكل ١ ـ ٢٤ : مضخة دورانية بأنبوبة مرنة



شكل ١ ـ ٢٥ : مضخة بالبطانة المرنة والعجلة المترنحة



شكل ١ ـ ٢٦ : مضخة دورانية مترنحة ،رحوية، بأنبوبة من اللدائن (البلاستيك)

الباب الثانى

المبادئ الأساسية

نستعرض فى هذا الباب بعض الأسس الهندسية الخاصة بقياس أداء المضخة واعتبارات تصميمها وتشغيلها وصيانتها وأهمها وحدات القياس الأساسية والمشتقة ، وخواص السائل ، وتأثير الضغط الجوى ، والعوامل المؤثرة فى التدفق وقياسه ، والمصطلحات الفنية المستخدمة فى توصيف المضخة مثل السعة والقدرة والعلو (الرأسى) والرفع والسحب (الشفط).

٢ ـ ١ وحدات القياس :

تقرر مؤخرا توحيد وحدات القياس المستخدمة فى مختلف الدول فيما يعرف باسم النظام العالمى لوحدات القياس ، ومن المأمول أن يشيع استخدامها عمليا فى مختلف المجالات ، حتى تسهل تبادل للعرفة والخبرات بين دول العالم .

ومن مميزات نظام الوحدات العالمية للقياس أنها عشرية ، أى تستخدم العشرة ومضاعفاتها ١٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٠٠٠٠ الخ. كما أنها متماسكة، أى أن حاصل ضرب أى وحدتين أساسيتين ينتج عنها الوحدة المشتقة المطلوبة دون أى معاملات رقمية قد تتعقد بسببها الحسابات .

ويتميز النظام العالمى بأنه يعطينا وصلة مباشرة للعلاقة بين وحدات العلوم الميكانيكية، ووحدات العلوم الكهربية .

٢ـ٢ الوحدات الأساسية :

يحدد النظام العالمى للقياس ست وحدات أساسية تشتق منها باقى الوحدات الهندسية ، ويوضح الجدول التالى الوحدات الأساسية الست .

الكمية الفيزيائية	الوحدة	الرمز
الطول	متر	م
الكتلة	كيلو جرام	كج
الزمن	ثانية	ث
درجة الحرارة	كلفن	٥ ك
شدة التيار الكهربى	أمبير	أ
شدة الاضاءة	شمعة	ش

٢-٢-١ درجات الحرارة المئوية :

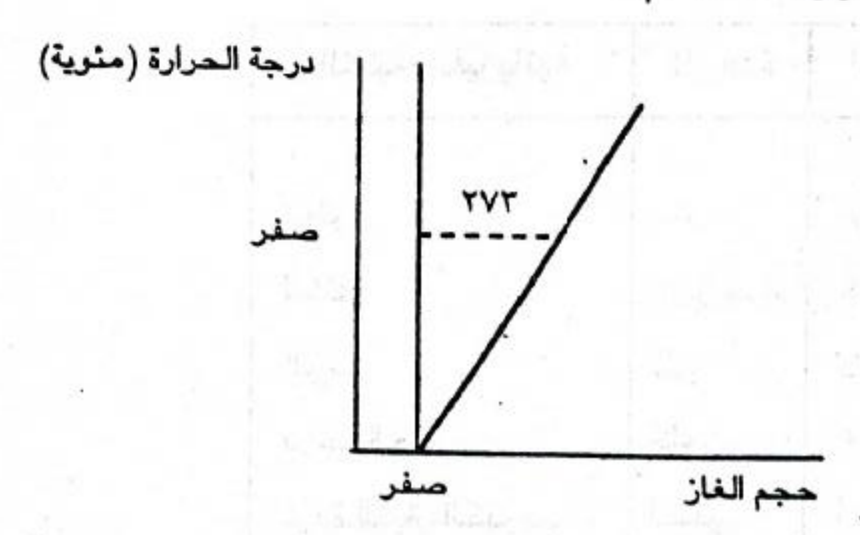
تستخدم درجة الحرارة لتحديد المستوى الحرارى لمادة معينة ، وتقاس بترمومتر (مقياس الحرارة) مقسم إلى مائة درجة منسوبة إلى قاعدتين أساسيتين :

درجة الصفر (المئوى) والتى يبدأ عندها ذوبان الثلج أى تحوله من مادة صلبة إلى مادة سائلة (مياه)، ودرجة ١٠٠° م (مئوية) والتى يبدأ عندها غليان السائل (المياه) أى تحوله من مادة سائلة إلى مادة غازية، وذلك عند الضغط الجوى العيارى ١,٠١٣ بار (كج / سم٢) .

٢-٢-٢ درجات الحرارة المطلقة (كلفن) :

يستخدم النظام العالمى وحدات كلفن لقياس درجة الحرارة وهى الدرجة المطلقة التى تستعمل فى الحسابات النظرية لدراسة العلاقة بين درجة الحرارة والحجم والضغط فى قوانين الغازات والسوائل .

وتعرف درجة الصفر المطلق بأنها النقطة التى ينعدم عندها حجم الغاز (نظريا) اذا تم تبريده الى تلك الدرجة ، وقد وجد أنها ثابتة لكافة الغازات وهى تساوى ـ ٢٧٣° م .



شكل ٢ ـ ١ : العلاقة النظرية بين حجم الغاز ودرجة الحرارة المئوية والدرجة كلفن (المطلقة)

وتحصل على درجة الحرارة المطلقة بإضافة ٢٧٣ إلى الدرجة المئوية أى أن درجة الحرارة المطلقة = ٢٧٣ + درجة الحرارة المئوية .

٢ ـ ٣ الوحدات المشتقة :

يمكن الحصول على الوحدات المشتقة من تلك الوحدات الاساسية الست السابقة، فمثلا نجد أن وحدة المساحة هى المتر المربع (م٢)، ووحدة الحجم هى المتر المكعب (م٣). ووحدة الكثافة هى كج/م٣، ووحدة السرعة (معدل المسافة المقطوعة بالنسبة للزمن) هى المتر على الثانية (م/ث)، ووحدة العجلة (معدل زيادة السرعة بالنسبة للزمن) هى المتر على مربع الثانية (م/ث٢) ... الخ .

وتبرز ميزة النظام العالمى لوحدات القياس فى أننا لا نحتاج إلى مضروب عددى للحصول على الوحدات المشتقة كما يتضح من الوحدات التالية :

٢ـ٣ـ١ وحدة القوة :

اذا أثرت قوة فى جسم كتلته ١ كج بحيث يتحرك بعجلة قدرها ١ متر/ثانية٢ فإن هذه القوة تساوى ١ نيوتن، أى أن القوة هى حاصل ضرب الكتلة فى العجلة، ووحدتها هى النيوتن، وعلى ذلك تكون :

القوة = الكتلة × العجلة

أى أن ١ نيوتن = ١ كج × ١ متر/ث٢

ويجدر هنا أن نشير إلى الفرق بين كتلة الجسم بالكيلو جرام ووزن (قوة الجسم) بالنيوتن، فاذا كانت العجلة الناشئة عن الجاذبية الأرضية هى ٩,٨١ متر/ث٢ فان الجسم الذى كتلته ١ كج يكون وزنه ٩,٨١ نيوتن .

٢ـ٣ـ٢ وحدة الشغل :

يعرف الشغل بأنه حاصل ضرب القوة المؤثرة على الجسم فى المسافة التى تحركها الجسم ، وتسمى وحدة الشغل جول، وهو عبارة عن

الشغل المبذول من قوة مقدارها نيوتن واحد أثرت على جسم فتسببت فى حركته مسافة مقدارها متر واحد فى اتجاه خط عمل القوة ، ويستخدم الجول أو الكيلو (ألف) جول أو الميجا (مليون) جول كوحدات للشغل .

ويراعى أن ١ جول = ١ نيوتن × ١ متر

وتستخدم وحدات الشغل أيضا للتعبير عن وحدات الطاقة .

٢-٣-٣ الحرارة وعلاقتها بالشغل :

لما كانت الحرارة والشغل نوعين من الطاقة يمكن تحويل كل منهما للآخر فقد تم استخدام الجول ايضا كوحدة للحرارة وهو العالم الذى كان أول الباحثين فى ايجاد علاقة الشغل بالطاقة الحرارية، وقد أثبت جول أن رفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة كلفن (أو مئوية) يحتاج إلى ٤,٨٧ كيلو جول - وهو ما يعرف بالحرارة النوعية للماء (عند الضغط الجوى) .

٢-٣-٤ وحدة القدرة :

تعرف القدرة بأنها معدل الشغل على وحدة الزمن ويستخدم الواط أو الكيلو واط أو الميجا واط للتعبير عن القدرة أى أن :

$$\text{القـــــدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{وعلى ذلك يكون ١ واط} = \frac{\text{١ جول}}{\text{١ ثانية}}$$

٢-٣-٥ وحدة الضغط :

يعرف الضغط بأنه معدل القوة على وحدة المساحة وتسمى وحدة الضغط باسكال وعلى ذلك يكون :

الضغط = القـــوة ÷ المساحة

١ باسكال = ١ نيوتن ÷ ١ متر مربع

با = $\text{ن} / \text{م}^{2}$

ولما كانت وحدة الباسكال صغيرة عند تقدير الاعتبارات العملية فقد تم الاستعاضة عنها بوحدة أخرى وهى البار بحيث يكون :

البـــار = ١٠^٥ باسكال = ١٠٠ كيلو باسكال

ويتضح هنا أن البار هو المكافئ فى النظام العالمى لما كان مستخدما من قبل فى وحدات قياس الضغط بالنظام الفرنسى للكيلو جرام (وزن) على السنتيمتر المربع (كج/سم٢) .

٢ـ٤ الخواص الطبيعية للسائل :

بينما نجد أن المواد الصلبة لهـ دائما شكل محدد . الا أن السوائل ليس لها هيئة ذاتية . بل أنها تتشكل بسرعة حسب ما يحتويها من إناء . وبسبب خاصية السوائل فى عدم التشكيل فبامكاننا أن نسوقها إلى أى مكان فى ماسورة أو خرطوم . سواء كان ذلك بتأثير الجاذبية أو بتسليط قوة عليها ، وتعتبر السوائل تالية للكهرباء فى سهولة نقلها .

وبالرغم من أن السوائل ليس لها شكل (لا تشكلية) ذاتى ، فأنها غير انضعاطية (قابلية للانضغاط) لو قورنت بالكثير من المواد الصلبة . وعند تسليط قوة على سائل محصور، فسوف يبدى السائل نفس الجسوءة (التماسك) كما لو كان جسما صلبا . فاذا زودنا الحيز المحصور فيه السائل بمخرج مناسب . فسوف تعمل سيولة السائل على انتقاله ونقل القوة

ويراعى أننا اذا سلطنا وحدة نيوتن على متر مكعب من الماء فسوف لا ينقص حجمه إلا بحوالى ١ : ١٥٠٠٠ وسوف يعود الماء إلى حجمه الطبيعى اذا زالت القوة المؤثرة عليه .

٢ـ٤ـ١ قانون باسكال :

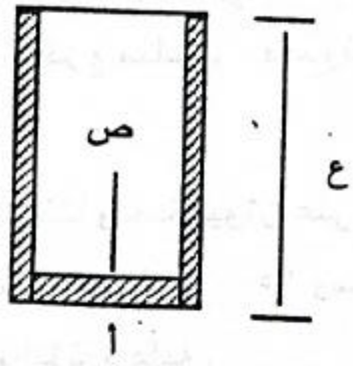
اكتشف باسكال عام ١٦٥٣ أن الضغط الناشئ فى سائل يوثر

بنفس قيمته فى كافة الاتجاهات ، ويعمل هذا الضغط فى اتجاه عمودى على السطح الذى يحد السائل ، وعلى ذلك فلو راجعنا شكل (٢ـ٢) وكان وزن عمود الماء على سنتيمتر مربع من القاع هو ٣ كج ، فسوف نقول أن الضغط عند النقطة (أ) هو ٣ كج/سم٢ (بار)، ويؤثر فى كافة الاتجاهات، وسوف يقوم السائل عند النقطة (أ) بدفع القاع والاجناب بنفس هذا الضغط بحيث تصبح الضغوط متزنة على مختلف المساحات ، وينبغى أن يكون الصهريج كافى المتانة ليقاوم هذه الضغوط بقوة مساوية تماما للدفع، كما يجب أن يكون القاع ايضا بمتانة كافية لمقاومة الضغط إلى أسفل والواقع عليه من السائل المرتكن فوقه .

ويحدث هذا الاتزان فى الضغوط عند كل مستوى (منسوب) آخر فى الصهريج، ومن المعروف أن الصهريج يتعرض لضغوط أقل كلما اقتربنا من السطح .

وبذلك يظل السائل فى حالة سكون ، فلا ينسكب خارجا ولا ينهار الصهريج .

ولعل واحدة من النتائج الهامة لقانون « باسكال » ان شكل الاناء لن يغير بحال من الأحوال على علاقات الضغوط .



شكل ٢ ـ ٢ : العلاقة بين العلو وضغط السائل

وسوف يعتمد الضغط الناشئ عن وزن السائل عند أى منسوب على الارتفاع الرأسى (العلو) لسطح السائل عن هذا الخط، وتعرف المسافة الرأسية بين منسوبين أفقيين فى سائل على انها العلو (الرأسى) .

٢-٤-٢ الكثافة والكثافة النوعية :

سوف يعتمد الضغط الناشئ عن علو (رأسى) السائل على كثافة هذا السائل أى كتلة وحدة الحجوم للسائل فنجد أن الماء مثلا يزن طنا (١٠٠٠ كج) للمتر المكعب أو كج/اللتر أو جم/سم٣ بينما نجد أن نوعا معينا من الزيوت قد يزن المتر المكعب منه ٠,٧٠٠ طن (٧٠٠ كج)، ومعنى ذلك أن ارتفاع ١٠ أمتار ماء يعطينا ضغطا قيمته ١ كج/سم٢ بينما يكون ضغط الزيت الذى له نفس الارتفاع ٠,٧ كج/سم٢، بينما يكون ضغط نفس الارتفاع من الزئبق هو ١٣,٦ كج/سم٢ .

الكثافة النوعية :

هى النسبة بين وزن حجم معين من السائل ووزن نفس الحجم من الماء العذب تحت الظروف القياسية للضغط ودرجة الحرارة ، ولما كانت كثافة الماء هى ١ كج/سم٢ لذلك نجد أن الكثافة النوعية لأى مادة أخرى هى رقميا نفس قيمتها للكثافة ولكن بدون تمييز .

٢-٤-٣ اللزوجة :

هى تعبير عن مقدار الاحتكاك الداخلى فى السائل ومقاومته للتدفق، أو بتعبير أدق ، هى المقاومة للقص بين الطبقات المتتالية للسائل عند درجة حرارة معينة، وتستخدم من الوجهة العملية أجهزة مختلفة لقياس اللزوجة تسمى بمقاييس اللزوجة، وفيها يتم تدفق كمية محددة من السائل خلال فوهة ذات أبعاد قياسية عند درجة حرارة معينة ، ويجرى تسجيل الزمن اللازم لتدفق تلك الكمية خلال الفوهة ، ويعرف الزمن المستغرق بالثانية باسم اللزوجة .

وتستخدم بريطانيا جهاز ردوود، بينما تستخدم أمريكا جهاز سايبولت، أما فى أوربا فتستخدم وحدات أنجلر، وهى وحدات مطلقة تمثل النسبة بين الزمن المستغرق لسريان ٢٠٠ سم٢ من السائل فى الفوهة الى

الزمن المستغرق لسريان نفس الكمية من الماء خلال نفس الفوهة عند درجة حرارة ٢٠ °م، وتتغير لزوجة معظم السوائل (خصوصا المنتجات البترولية) بتغير درجة الحرارة، فتقل اللزوجة عند ارتفاع درجة الحرارة ، والعكس بالعكس .

٢-٤-٤ الضغط الجوى :

يقع كل ما على سطح الأرض من مواد تحت محيط من الهواء الجوى يغلف طبقة الأرض رأسيا لعدة كيلو مترات .

ولما كان الهواء الذى نعيش فيه هو خليط من الغازات أى من مواد لها وزن،فهى بذلك تضغط على ما يقع تحتها من أشياء بفعل العلو (الرأسى) ويراعى أن ضغط الهواء الجوى عند سطح الأرض فى الظروف القياسية يكون ١,٠١٣ بار (كج/سم٢)، وتنضغط الغازات بفعل وزنها الذاتى، لذلك يكون وزن الهواء عند سطح البحر اكبر من وزنه عند قمة جبل، ويقل الضغط تبعا لذلك كلما ازداد ارتفاعنا فى الغلاف الجوى .

وبذلك نجد أن الضغوط الجوية تتبع قانون باسكال، تماما كما تتبعه الضغوط الناشئة فى السائل، وقد بينا فى شكل (٢ - ٢) أن الضغوط الناشئة عن علو السائل (الرأسى) لابد أن تتوازن عند كل نقطة فى كل اتجاه فى السائل اذا كان عليه أن يظل فى حالة استقرار، وكذلك ايضا مع الضغوط الجوية.

والمعروف أن قياس الضغط الجوى يتم بما يوازيه من ارتفاع عمود الزئبق فى البارومتر ، فاذا اعتبرنا أن كثافة الزئبق هى ١٣٦٠٠ كج/م٣ ، وأن قوة الجاذبية على كتلة الكيلو جرام الواحد هى ٩,٨٠٦٦٥ نيوتن فيكون وزن المتر المكعب من الزئبق هو ١٣٦٠٠ × ٩,٨٠٦٦٥ نيوتن أى ١,٣٣٣ كيلو نيوتن (كن)، وعلى ذلك يكون الضغط الناشئ من عمود زئبق طوله متر على مساحة متر مربع هو ١٣٣,٣ كن، وبالتالى يكون الضغط الناشئ من عمود زئبق ارتفاعه ملليمتر هو ١٣٣,٣ ن / م٢ .

وبالمثل يكون الضغط الناشئ من عمود ماء ارتفاعه ملليمتر واحد هو ٩.٨٠٦٦٥ ن/م٢ أى حوالى ٩,٨١ ن / م٢ .

فمثلا اذا كان طول عمود الزئبق فى بارومتر الضغط الجوى هو ٧٦٠مم، فعلى ذلك يكون :

الضغط الجوى = ٧٦٠ × ١٣٣٣

= ١٠١٣٠٠ ن / م٢

= ١,٠١٣ بار (كج/سم٢)

ويراعى أن ضغط الهواء الجوى القياسى = ١,٠١٣ بار (كج/سم٢)

= ١٠,١٣ متر عمود ماء (علوى رأسى)

= ١,٧٦٠ متر عمود زئبق (الكثافة النوعية للزئبق ١٣,٦)

٢-٤-٥ الضغط المطلق والقياسى والتخلخل :

يعرف الضغط المطلق على سائل بأنه مجموع الضغط الذى يسجله مقياس الضغط فى خطوط السائل مضافا اليه الضغط الجوى كما يسجله مقياس البارومتر (تحت نفس الظروف) أى أن :

الضغط المطلق = ضغط البارومتر + ضغط العداد (القياس

= ١,٠١٣ (عند سطح البحر) + ض العداد

فاذا كان ضغط العداد لخط الطرد هو ٥.٥ بار (كج/سم٢) وكان ارتفاع عمود الزئبق فى البارومتر هو ٧٥٨ مم فيكون الضغط المطلق على السائل هو مجموع العداد (المقياس) والضغط الجوى وعلى ذلك نجد أن :

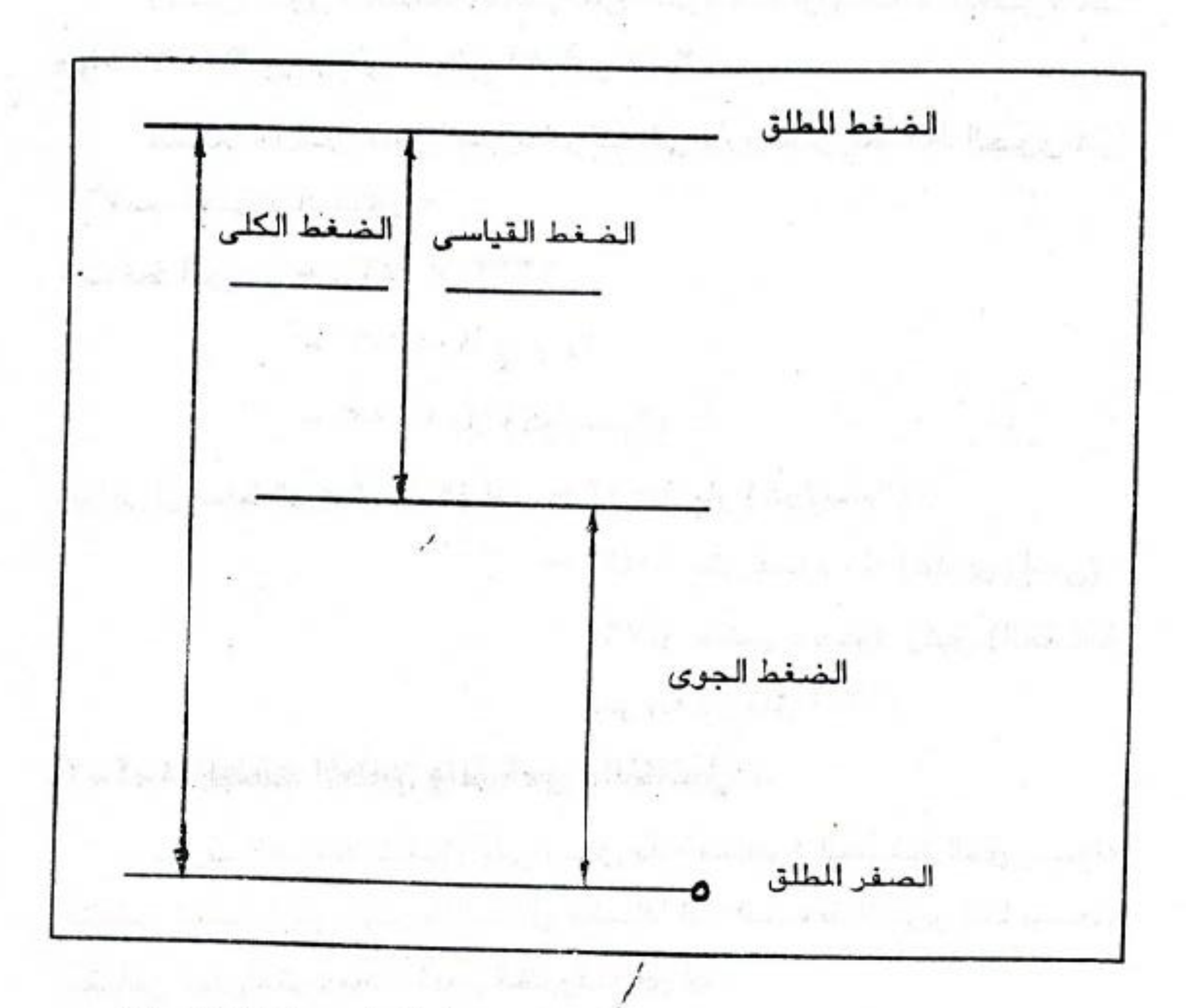
$$\text{الضغط الجوى} = \frac{١٣٣,٣ \times ٧٥٨}{١٠٠٠٠٠}$$

= ١,٠١ بار (كج/سم٢)

فيكون الضغط المطلق للطرد

= ١,٠١ + ٥,٥

= ٦,٥١ بار (كج/سم٢)



شكل ٢ ـ ٣ : العلاقة بين الضغط الجوى وضغط القياس والضغط المطلق

كذلك يعرف ضغط التخلخل بأنه تفريغ، أى ضغط سالب داخل الأوعية المخلخلة ، وفى هذه الحالة يكون :

الضغط المطلق = ضغط البارومتر ـ ضغط التخلخل

وكثيرا ما يقاس ضغط التخلخل بارتفاع عمود الزئبق (أو عمود الماء) الذى يوضع فى أنبوبة على شكل U ، وتتعرض فى ناحية لضغط الجو وفى الناحية الأخرى لضغط التخلخل .

فاذا كانت قراءة ضغط التفريغ فى العداد هى ٦٠٠ مم زئبق وكان ارتفاع البارومتر هو ٧٥٨ مم فيكون الضغط المطلق هو مطروح ضغط القياس من الضغط الجوى أى أن :

الضغط المطلق = ٧٥٨ × ١٣٣,٣ ـ ٦٠٠ × ١٣٣,٣

= (٧٥٨ ـ ٦٠٠) × ١٣٣,٣

= ٢,١ كن / م٢

= ٠,٢١ بار (كج/سم٢)

٢ـ٤ـ٦ تأثير الضغط على درجة الغليان :

ترتفع درجة الغليان بزيادة الضغط، فمثلا يغلى الماء عند درجة حرارة ١٠٠° اذا كان واقعا تحت ضغط جوى، فاذا زاد الضغط عليه فسوف ترتفع درجة الحرارة التى يبدأ عندها الغليان، وتقل درجة الغليان اذا انخفض الضغط الواقع على الماء حتى أنه من الممكن أن يغلى فى درجة الحرارة المعتادة اذا خفضنا الضغط عليه (تخلخل) إلى الدرجة المناسبة .

٢ـ٥ وصف التدفق :

يكون السائل فى دورة ايدرولية واقعا تحت ضغط معين بحيث يملأ تماما كافة مواسير الدورة وذلك تحت ظروف التشغيل المعتادة، ويكون هذا الضغط ناتجا عن قوة الجاذبية على كتلة السائل (وزنه) من ناحية أو عن قوة خارجية كما يحدث نتيجة فعل مضخة، التى تحصل هى الأخرى على الطاقة اللازمة لها من محرك كهربى أو بخارى مثلا، لذلك يلزمنا أن نتفهم بدقة كافة المصطلحات الخاصة بتدفق السائل .

٢ـ٥ـ١ حجم وسرعة التدفق :

يقصد بحجم التدفق كمية السائل التى تمر على نقطة معينة من الدورة.فى وحدة الزمن، ويمكننا التعبير عن حجم التدفق بعدة طرق مثل المتر المكعب فى الساعة أو فى الدقيقة أو فى الثانية، وتستخدم أمريكا وحدات الجالونات فى الساعة أو فى الدقيقة أو فى الثانية ، وبالنسبة لوحدات القياس العالمية فستلزم بتعبير المتر المكعب فى الثانية (م٣/ث).

أما سرعة التدفق فتعنى معدل السريان الذى يتحرك به السائل للأمام من نقطة محددة فى الدورة ويمكن التعبير عنها بمختلف وحدات السرعة مثل الميل فى الساعة أو القدم فى الثانية أو المتر فى الثانية (فى وحدات القياس العالمية) .

وفى الغالب ما يرتبط حجم (كمية) وسرعة التدفق معا، فاذا أخذ فى الاعتبار أن بقية الظروف ثابتة أى اذا لم يتغير حجم الدخل فسوف تزيد سرعة التدفق كلما نقصت مساحة مقطع الماسورة، بينما تنقص سرعة التدفق كلما زادت مساحة مقطع الماسورة، وإذا لاحظنا مجرى مائيا مثلا فسوف نجد أن سرعة التدفق تكون بطيئة فى الأجزاء المتسعة من المجرى بينما نجد أن معدل التدفق سريع فى الأجزاء الضيقة، حتى وإن كان حجم الماء الذى يمر على كل من الجزئين ثابتا .

٢-٥-٢ التدفق المنتظم وغير المنتظم :

قد يتدفق السائل فى انسياب (حجم) ثابت مستمر، أو قد يكون حجم التدفق متغايرا فيزيد أو ينقص أو يتأرجح بين الزيادة والنقص وتتضمن هذه التغيرات فى الحجم تدفقا غير منتظم، وسوف يكون التدفق منتظما طالما ظل الضغط الواقع على السائل فى خطوط المواسير ثابتا، اما إذا تغير الضغط فسوف يصبح التدفق غير ثابت مرة أخرى إلى ان يصل إلى مرحلة توازن جديدة .

٢-٥-٣ التدفق الانسيابى والدوامى :

اذا كانت سرعة تدفق السائل منخفضة جدا بحيث يكون سريانه بنعومة وبانتظام شديد، فسوف يمكننا أن نتخيل التدفق كما لو كان تسلسلا متواليا من الطبقات حيث تكون الطبقة المجاورة للماسورة ساكنة، وتتحرك الطبقة التى تليها ببطء وهكذا إلى أن نصل إلى الطبقة المتمركزة فى منتصف الماسورة فنجد انها أقصى سرعة بين الطبقات ، ولهذا السبب يسمى هذا النظام من التدفق بأسم التدفق الانسيابى، ومعنى ذلك أن جسم السائل سوف يتحرك للامام تماما دون أن يتقاطع مع

المسارات الأخرى التى تمر بها الجسيمات الأخرى، بل ودون أن تصطدم بها، ويكون تأثير خشونة جدار الماسورة الداخلى ووجود أى تجهيزات مثل المحابس والأكواع غير مؤثر على التدفق بالمرة .

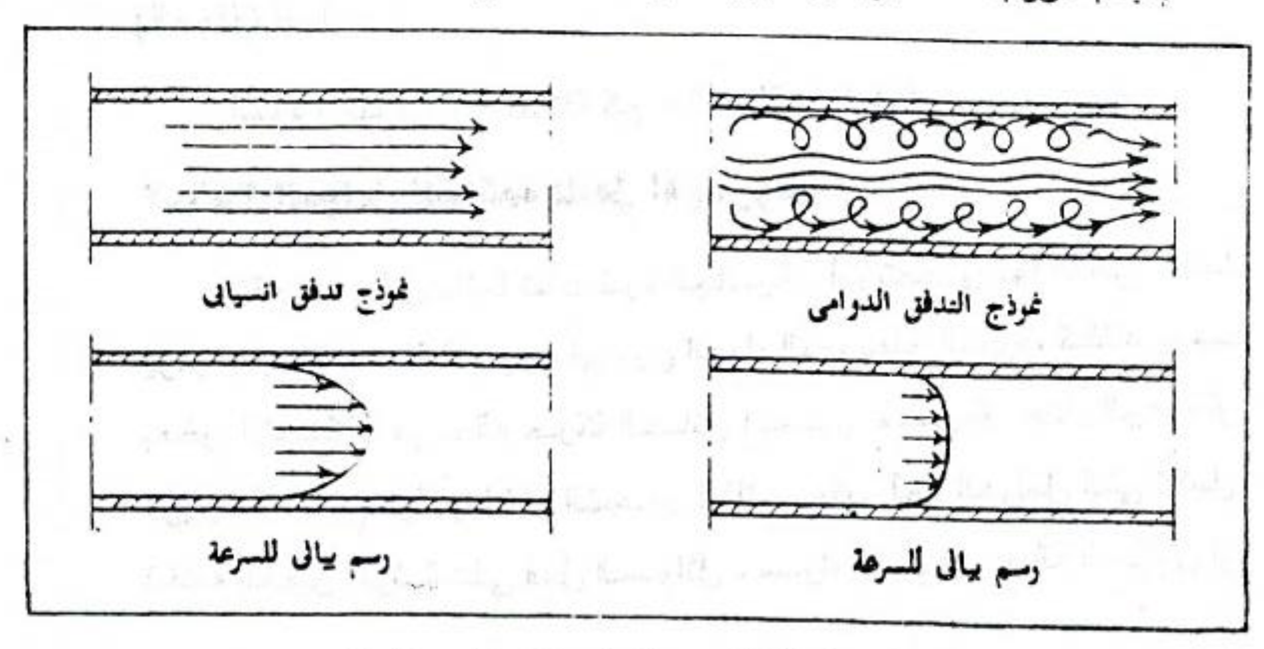
ولن نجد فى الواقع هذه الصورة المثالية للتدفق، فهى لا تحدث إلا عند السريان بالسرعات البطيئة جداً أو عند زيادة لزوجة السائل لدرجة كبيرة، أما عندما يبلغ السائل نقطة معينة من السرعة فسوف يصبح هذا النمط المرتب للتدفق غير منتظم فيمر السائل، وتتكون به تيارات دوامية محلية ليستهلك مقدارا أكثر من الطاقة ويعرف هذا الطراز باسم (التدفق الدوامى)، وعندئذ تكون درجة خشونة الجدار الداخلى للماسورة هامة، وتعمل مختلف التجهيزات فى خطوط المواسير على زيادة الدوامية لدرجة كبيرة، ولا يحدث التغير من التدفق الانسيابى الى التدفق الدوامى فجأة ، بل أن هناك مرحلة وسطى تسمى المرحلة الانتقالية .

ونجد فى حالة التدفق الدوامى أن المقاومة للتدفق محسوبة بالنسبة لوحدة الطول فى الماسورة وتعتمد على :

(ا) سرعة التدفق. وتتغير المقاومة تبعا لمربع سرعة التدفق .

(ب) خشونة الماسورة (من الداخل) . وتتغير خطيا مع سرعة التدفق .

(جـ) لزوجة السائل . وتتغير المقاومة خطيا مع اللزوجة .



شكل ٢ ـ ٤ : المقارنة بين التدفق الانسيابى والدوامى

٢ ـ ٦ العوامل المؤثرة فى التدفق :

٢ـ٦ـ١ القصور الذاتى :

يستخدم تعبير القصور الذاتى ليصف الخاصية التى تشترك فيها كل أشكال المادة، بحيث تقاوم الحركة اذا كانت فى حالة سكون، وبالمثل فأنها تقاوم أى تغير فى معدل حركتها اذا كانت متحركة، وعلى ذلك يمكننا أن نفهم هذه القاعدة، فاذا كان الجسم فى حالة سكون فسوف يظل فى حالة السكون بينما سوف يستمر الجسم المتحرك فى حركته بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه..هذا بالطبع ما لم تؤثر عليه قوة خارجية.بحيث تدفعه إلى الحركة من حالة السكون أو تقاوم حركته ليقف مرة ثانية.

٢ـ٦ـ٢ العلاقة بين القصور والقوة :

حتى يمكن للجسم أن يتغلب على سلوكه فى مقاومة تغيير حالته سواء فى السكون أو الحركة، فلابد من وجود قوة خارجية تؤثر عليه دون أن تلغيها أو توازنها قوة أخرى، وهناك علاقة مباشرة بين مقدار القوة وقيمة القصور الذى يعمل ضدها، وتعتمد هذه القوة على عاملين :

كتلة المادة (وتتناسب مع وزنها) وعلى معدل تغير سرعة الجسم (العجلة) أى أن :

القوة (نيوتن) = الكتلة كج × العجلة (م/ث)

٢ـ٦ـ٣ العوامل الحاكمة للفعل الايدرولى :

تقع السوائل دائما تحت قوة الجاذبية ، أى تحت وزنها الذاتى ، كما يؤثر عليها الضغط الجوى، أى وزن الهواء الذى يعلو الدورة، كذلك يوجد بعض الاحتكاك فى حالة حركة السائل (بسبب خشونة جدار الوعاء أو لزوجة السائل)، وأخيرا فان القصور الذاتى يعتبر أحد العوامل التى تكمل قائمة القوى المؤثرة على فعل السوائل ، سواء كانت فى حالة السكون أو

فى حالة الحركة، يضاف إلى ذلك أى قوة مؤثرة قد تتواجد أو تغيب، وإن كانت على أية حالة مستقلة تماما عن حركة السائل أو سكونه .

٢-٦-٤ طاقة الحركة :

لابد من وجود قوة تؤثر على الجسم لدفعه بسرعة أو لتزيد سرعته الابتدائية، ومن الضرورى أن يستمر عمل القوة بينما يتحرك الجسم لمسافة معينة، ويعرف الشغل بأنه حاصل ضرب القوة المؤثرة على الجسم فى المسافة التى تحركها، والمعروف أن الشغل هو أحد أوجه الطاقة وعلى ذلك فتلزمنا الطاقة (الشغل) لدفع الجسم بسرعة ما، وكلما زادت الطاقة المستخدمة، كلما زادت سرعة الجسم متحركا فأننا نقول عندئذ أنه اكتسب طاقة حركة وتعتمد كمية طاقة الحركة التى أكتسبها جسم على وزنه (الكتلة × العجلة) والسرعة التى يتحرك بها.. وبذلك يكون :

طاقة الحركة = الكتلة × (السرعة)^{٢}

= كج × مترا / ث × متر / ث = جول

أو طاقة الحركة = الوزن (النيوتن) × المسافة التى تحركها

= (نيوتن) × متر = جول

٢-٦-٥ العلاقة بين القوة والضغط والعلو (الرأس) :

عندما نتعامل مع السوائل، فأننا دائما نقدر القوة الواقعية بالنسبة للمساحة التى تؤثر عليها، والمعروف أن القوة على وحدة المساحة هى الضغط، وبذلك فأننا نعبر عن الضغط بوحدات النيوتن على المتر المربع أى الباسكال ونتخذ وحدة البار عمليا للتعبير عن الضغط حيث أن :

١ بار = كج (وزن) / سم٢ = ١٠^{٥} باسكال

كذلك يمكننا أن نعبر عن الضغط بما يوازيه من وزن عمود الماء، أى العلو (الرأسى)، وهو الارتفاع الرأسى لعمود السائل الذى يعادل وزنه نفس قيمة الضغط المؤثرة .

٢-٦-٦ العلاقة بين الضغط والعلو (الرأسى) فى السوائل المتدفقة :

يمكننا التعبير عن العوامل الخمسة المتحكمة فى نقل السوائل إما بوحدات القوة أو بما يناظرها من الضغوط أو العلو (الرأسى)، ولابد تبعا لذلك أن نقيس هذه العوامل بنفس الواحدات فى الحالة المحددة حتى يمكن على هذا الاساس إما جمعها أو طرحها لدراسة العلاقة بينها، والعوامل الخمسة هى :

جاذبية (الوزن)
الضغط الجوى
القوة الذاتية المؤثرة
القصور
الاحتكاك

ويعرف علو (رأسى) الجاذبية، باسم العلو (الرأسى) وذلك اذا كانت هذه القيمة هامة ومأخوذة فى الاعتبار، وكذا يقدر تأثير الضغط الجوى على أنه علو (رأسى) الشفط، أما تأثير القصور (الذاتى) فلانه مرتبط دائما بالسرعة، فأننا نعبر عنه بعلو (رأسى) السرعة، وأخيرا فأننا نطلق على تأثير الاحتكاك أنه علو (راسى) الاحتكاك وهو يمثل نقصا فى الضغط أو العلو (الراسى) .

٢-٦-٧ العوامل الاستاتيكية والديناميكية :

تؤثر العوامل الثلاثة الأولى، الجاذبية والضغط الجوى، والقوة المؤثرة على السوائل سواء كانت فى حالة سكون أو فى حالة حركة، بينما نجد أن العاملين الأخيرين، وهما القصور والاحتكاك فلا يؤثران على السائل إلا فى حالة الحركة، وتعرف العوامل الثلاثة الأولى باسم العوامل الاستاتيكية، بينما نطلق اسم العوامل الديناميكية على العاملين الأخيرين، ويعتبر المجموع الجبرى للثلاثة الأولى، الجاذبية، والضغط الجوى، والقوة المؤثرة على أنه الضغط الاستاتيكى الذى نحصل عليه عند أى نقطة فى

السائل عند زمن معين، ويؤثر الضغط الاستاتيكى بالإضافة إلى أى عوامل دينامية قد تؤثر على السائل على نفس النقطة وفى نفس الزمن.

وقد سبق توضيح قانون باسكال على أن الضغط الناشئ فى سائل يؤثر بنفس قيمته فى كافة الاتجاهات ومتعامدا على اسطح الإناء الذى يحتويه، وينطبق هذا القانون على السوائل الموجودة فى حالة سكون أو غير متحركة عمليا وهى صحيحة بالنسبة للعوامل التى تحدد الضغط الاستاتيكى، ومن الواضح أنه عندما تصبح السرعة أحد العوامل المؤثرة فلابد أن يكون لها اتجاه وتكون القوة المسببة للسرعة لها اتجاه أيضا، أما الاحتكاك فأننا ذكرنا فيما سبق تجاهله وعندئذ فان قانون باسكال وحده لا يمكن تطبيقه على العوامل الدينامية لتدفق السائل .

٢-٦-٨ العلاقة بين العوامل الاستاتيكية والدينامية :

ترتبط العوامل الدينامية للقصور والاحتكاك بالعوامل الاستاتيكية فى مضمون واحد، فأننا نحسب علو (رأسى) السرعة وعلو (رأسى) الاحتكاك بنفس قياس العلو (الرأسى)، أى أنه يمكننا تحويل علو (رأسى) السرعة إلى علو استاتيكى (ضغط)، وكما هو معروف كى يبدأ السائل فى حركته لابد له من قوة تحركه اذا كان فى حالة سكون وهذه القوة هى الناشئة عن الضغط الاستاتيكى، أو بمعنى أخر حينما نود أن يكتسب السائل سرعة فلابد أن نستخدم جزءا من علوه (رأسه) الاستاتيكى الاصلى لتحقيق هذه السرعة التى تتحول حينئذ إلى علو (رأسى) سرعة.

٢-٦-٩ تقليل الاحتكاك :

تصمم المعدات الايدرولية بحيث يكون الاحتكاك فى أقل قيمة ممكنة ويكون حجم وسرعة التدفق موضوعا تحت دراسة دقيقة، ويتم اختيار السائل المناسب للاسطح التى يتحرك بداخلها أو اختيار الاسطح لتناسب السائل المضخوخ، وتستخدم مواسير ناعمة ونظيفة باحسن المقاييس للظروف المحددة ويتم مدها إن أمكن فى أقصر طريق مباشر، مع تجنب الانحناءات الحادة والتغير المفاجئ فى المساحة المقطعية، ويتم تصميم

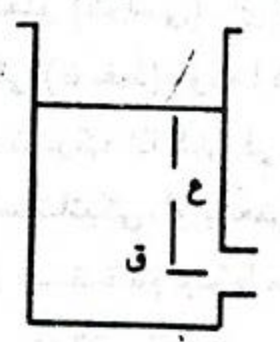
المحابس والصمامات وغيرها من التجهيزات بحيث لا تعترض التدفق إلا بأقل قدر، وتمنح عناية خاصة لاحجام وأشكال الفتحات، ويتم تصميم الدورة بحيث يمكن الاحتفاظ بها نظيفة من الداخل، وبحيث يمكن اكتشاف أى اختلافات فى ادائها عن التشغيل المعتاد والعمل على إصلاحه .

ويعرف العلو (الرأسى) المكافئ للطاقة التى يستهلكها السائل فى الحركة بين جزئياته وبين السطح المتاخم لها (المحتك بها) باسم علو (رأس) الاحتكاك ويختلف مقداره باختلاف السوائل وباختلاف نوع السطح المختك به أو التجهيزات التى تعترض تدفق السائل .

٢ ـ ٧ قياس عوامل التدفق :

لسهولة مناقشة قياس عوامل التدفق، ولإمكان المقارنة بينها فسوف نستخدم وحدات العلو (الرأسى) بالمتر حتى توضح مختلف الفروق على الأشكال المرسومة .

٢ـ٧ـ١ قياس علو (رأس) الداخل :



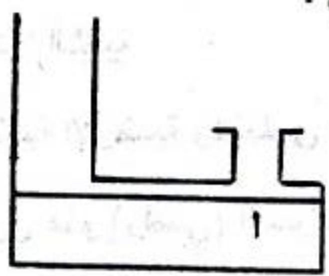
شكل ٢ ـ ٥ : الضغط القياسى من ارتفاع عمود السائل فوق النقطة ق

يقاس ارتفاع الداخل الناشئ عن التثاقل (الجاذبية) بالمسافة الرأسية (ع) وهى عبارة عن البعد الرأسى بين سطح السائل والنقطة المراد قياس الضغط عندها، كما يتضح من الشكل (٢ ـ ٥) عند النقطة (ق) ويحدد ارتفاع الداخل طاقة الجهد الكلية المتاحة للاستخدام فى الدورة الايدرولية، ويتم قياسها بمقارنة الارتفاعات بين منسوب أى نقطتين فى الدورة .

٢-٧-٢ قياس علو (رأسى) الضغط الاستاتيكى :

يتضح من الشكل (٢-٦) أن الضغط (القياسى) (أ) يساوى الصفر طالما أن السائل ساكن وعلى وشك أن يملأ الأنبوبة .

فاذا كان مستوى السائل مائلا كما يتضح من الشكل (٢ - ٧) فسوف يصبح الضغط عند (أ) هو علو (رأسى) عمود السائل عند هذه النقطة بغض النظر عن شكل وحجم وميل الأنبوبة، وهكذا يكون الضغط عند (ب) هو نفس الضغط عند (أ)، فاذا تدفق السائل فسوف يمكن قياس علو (رأسى) الضغط الاستياتيكى باستخدام فتحة أنبوبة متعامدة على اتجاه تدفق السائل .



شكل ٢ - ٦ : قياس الضغط عند (أ)

٢-٧-٣ قياس علو (رأسى) السرعة :

وهو العلو (الرأسى) المناظر لتحرك السائل بسرعة معينة، ويكافئ العلو (الرأسى) الذى كان ينبغى أن يسقط منه الماء ليحقق نفس السرعة التى يتدفق بها، أو بعبارة أخرى هو العلو (الرأسى) الضرورى لدفع الماء ويمكننا حساب سرعة التدفق من المعادلة :

$$ع = \frac{ك}{س}$$ حيث

ع = السرعة متر/ثانية

ك = كمية التصريف متر مكعب/ثانية

س = مسافة المقطع الداخلى للماسورة متر مربع

فمثلا اذا كانت كمية التصريف عند نقطة محددة هى ٣٦٠٠ متر مكعب فى الساعة (١م٢/ث) وكان مساحة مقطع الماسورة ٠,٤٠٠م٢، فتكون السرعة :

$$ع = \frac{١}{٠,٤} = ٢,٥٠ \text{ م/ث}$$

فاذا عرفنا السرعة فيمكننا حساب العلو (الرأسى) المناظر من المعادلة :

$$و = \frac{ع^٢}{٢ جـ}$$

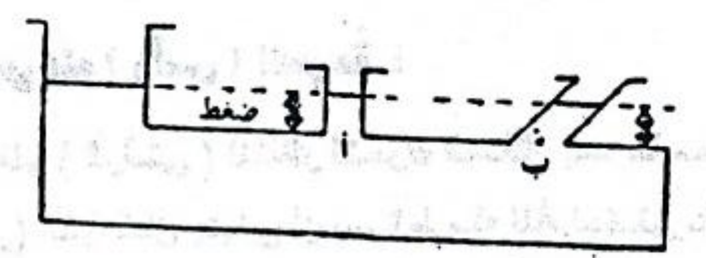
حيث و = العلو (الرأسى) / متر

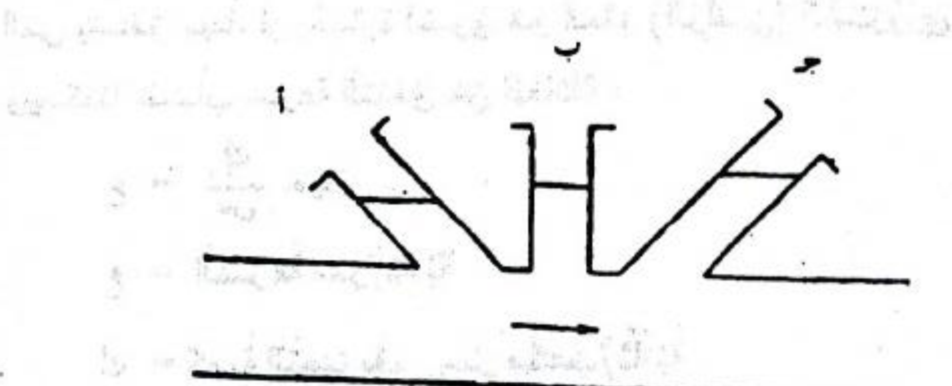
ع = السرعة بالمتر/الثانية

جـ = عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩.٨١ م/ث٢

وفى الحالة السابقة يكون علو (رأسى) السرعة هو :

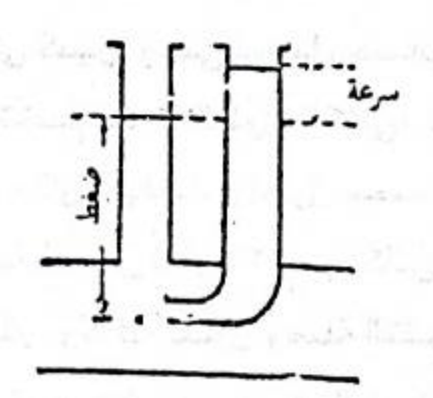
$$و = \frac{٢,٥ \times ٢,٥}{٩,٨١ \times ٢} = ٠,٣١٠ \text{ م}$$





شكل ٢ ـ ٧ : زيادة علو (رأسى) السرعة فى اتجاه التدفق

وسـوف يتضح من الشكل (٢ـ٧) أنه اذا كان مـيل الأنبوبة فى اتجـاه التـدفق فسـوف يزيد مسـتوى الضـغط (العلـو) فى الأنـبوبة، بينمـا يقل الضـغط (الـعلو) اذا مـالت الأنبـوبة فـى عكس اتجـاه التـدفق، وتـنشـأ زيادة العلو (الرأسى) بسـبب زيادة السرعـة التى تؤثر فى اتجـاه التدفق فنجـد أن الضـغط يزداد عند الأنبوبة (جـ) ويقل فى الأنبوبة (أ) .



شكل ٢ ـ ٨ : أنبوبة قياس علو (رأسى) السرعة

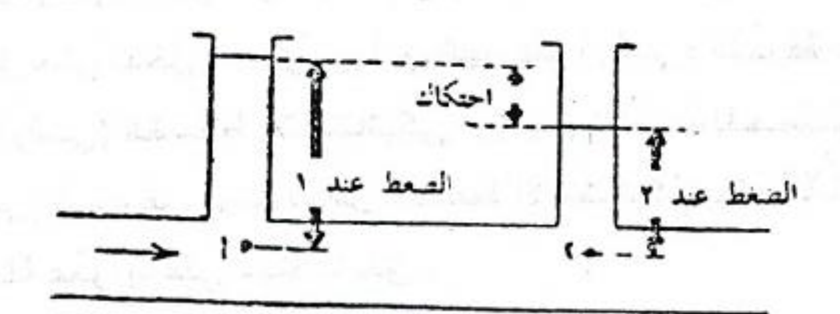
ونقـيس علو الـسـرعـة مـباشـرة عند أية نقطة بـوضـع أنبـوبة قـيـاس الضـغط عـند النقطة المطلوبة، وهـى عبـارة عن أنبوبة صـغيرة مـفتـوحة من نهايـتها وعلى شـكل حرف (L) وتوضـع فـتحـة الأنبوبة مـباشـرة فى خط التدفق حتى يدخل السائل فيها، ويظهر علـو (رأسـى) السـرعة بالإضافة إلى علـو (رأسى) الضــغط الاسـتـاتيكى، ويـنبـغى طرحـه للـحـصـول على علو (رأسـى) الـسـرعة، ويـتم قيـاس الضـغط الاسـتـاتيكى بواسطة أنبوبة عـادية متصلة عموديا على اتجاه التدفق .

٢ـ٧ـ٤ قياس علو (رأسى) الاحتكاك :

اذا تم قـيـاس علـو (رأسى) الـضـغط الاسـتـاتيكى عند نقـطتين تكون سـرعـة الـسـائل عندهمـا ثابـتة، فسـوف يكون عـلـو (رأسى) الاحـتكاك هـو الفـرق بين قيـمة علو (رأسـى) الضـغط الاسـتـاتيكى عـند النقطتين، وتكون القيمة الصغرى فى أتجاه التدفق .

٢-٧-٥ الطول المكافئ للتجهيزات :

تعتمد المقاومة الاحتكاكية فى المواسير على طول الخط أى أنه كلما ازداد طول خط المواسير زادت المقاومة الاحتكاكية أى العلو (الرأسى) المفقود بسبب الاحتكاك، كذلك تعتبر التكويعات وغيرها من التجهيزات الموجودة فى الخطوط من انحناءات أو وصلات متفرعة أو محابس.. الخ مواضع فقد احتكاكى كبير، وحتى يسهل حساب الفقد الاجمالى نتيجة الاحتكاك، فأننا نستخدم فكرة «الطول المكافئ» لكل من هذه التجهيزات بالنسبة لما تبذله من مقاومة بالقياس لطول محدد من المواسير، فنجد مثلا أن المقاومة الاحتكاكية لمحبس قطر ٢٥ سم يكافئ مقاومة ماسورة قطرها ٢٥ سم بطول ٨٨ متر، وكذلك تكون وصلة التفريعة (T) مكافئة لطول ١٧ متر من ماسورة مستقيمة، وبهذه الطريقة يمكننا حساب الطول المكافئ الاجمالى لخطوط المواسير وتجهيزاتها وهو مجموع مقاومة المواسير المستقيمة مضافا إليها مقاومة الطول المكافئ لمختلف التجهيزات . وبذلك يمكننا حساب مقاومة خطوط المواسير عند مختلف معدلات التدفق واللزوجات .

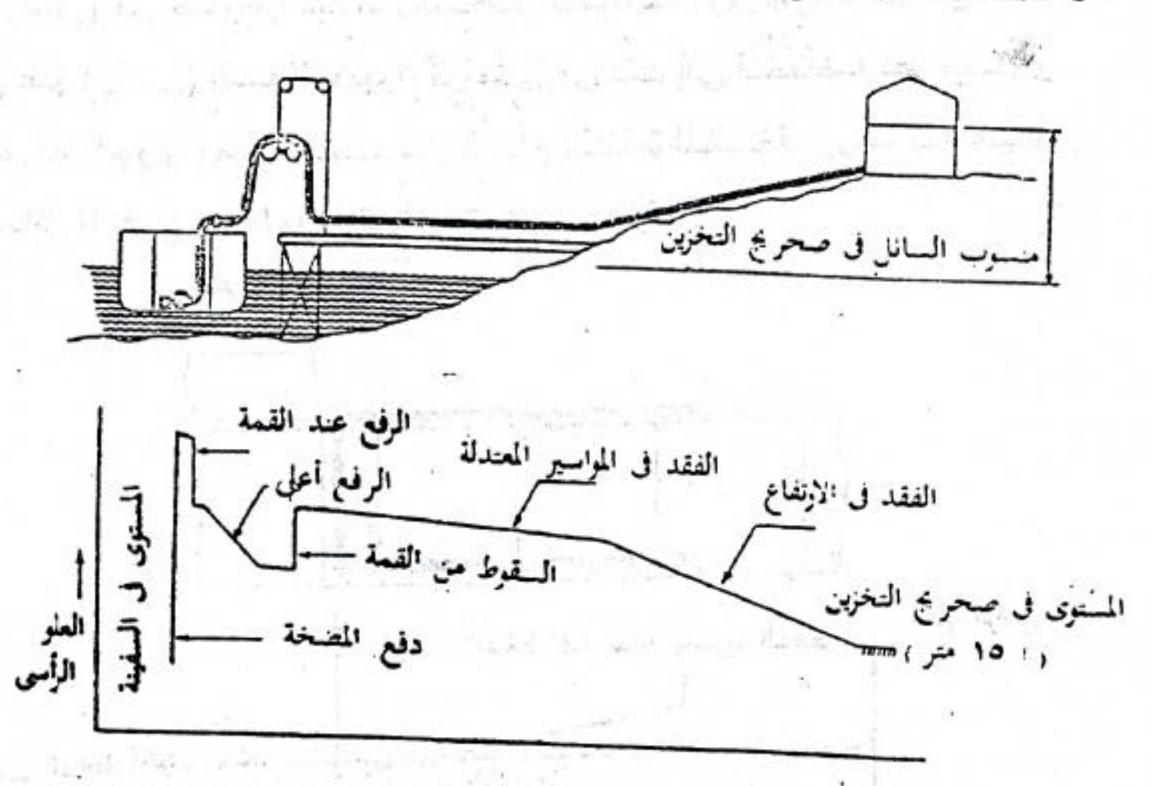


شكل ٢ ـ ٩ : الفقد فى العلو (الرأسى) الناشئ عن الاحتكاك

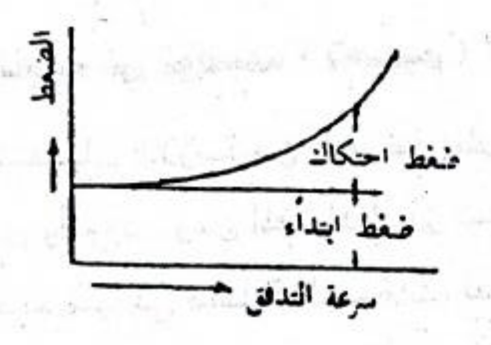
٢-٧-٦ المقاومة فى خطوط الطرد :

لما كانت خشونة المواسير وطولها ولزوجة السائل ثابتة فى خطوط الطرد، فسوف تصبح سرعة التدفق هى العامل المتغير الوحيد، ونستطيع أن نحصل من الجداول الخاصة على مقاومة المواسير كنسبة من الطول

لكافة سرعات التدفق ومختلف اللزوجات، ويمكننا حينئذ أن نرسم شكلا بيانيا يمثل العلاقة بين المقاومة العلو (الرأسى) المفقود بالاحتكاك والسرعة أو معدل التدفق كما هو مبين فى الشكل (٢-١١)، ويفيدنا مثل هذا الشكل فى التنبؤ عن معدل التدفق اللازم للضخ فى ظروف معينة، ويوضح الشكل (٢-١٠) طريقة تغيير العلو (الرأسى) خلال خطوط المواسير، وربما يشرح لنا طريقة استخدام طاقة المضخة فى نقل السائل.



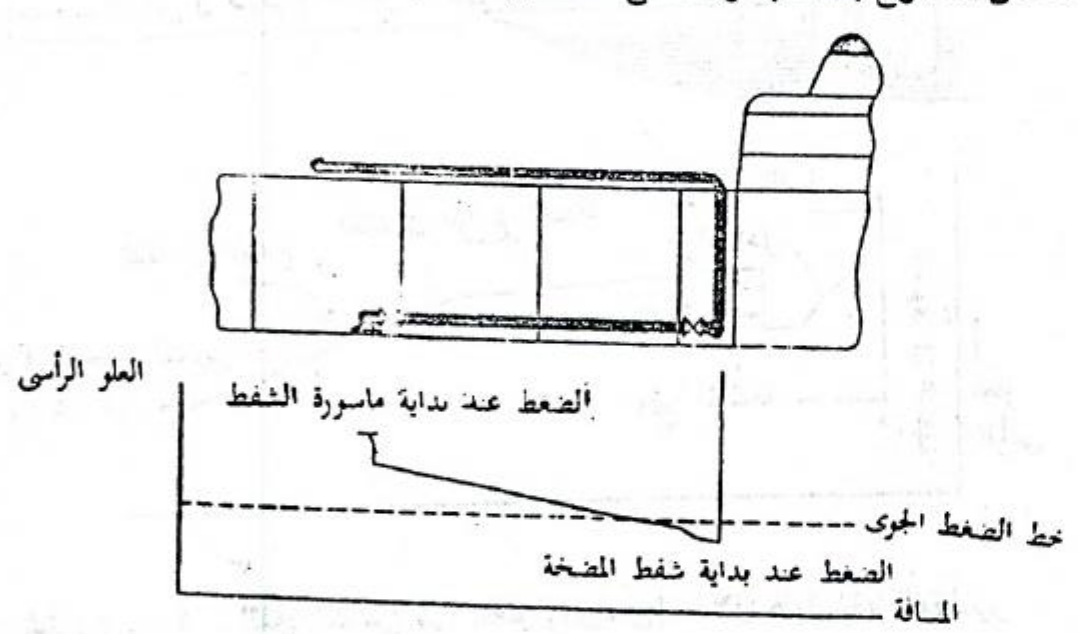
شكل ٢ - ١٠ : الفقد الناشئ فى العلو (الرأسى) خلال طول خط المواسير



شكل ٢ - ١١ : العلاقة بين العلو (الضغط) المناظر للاحتكاك وسرعة التدفق

٢-٧-٧ المقاومة فى خطوط الشفط (السحب) :

يهمنا دائما أن نقلل الفقد فى علو (رأسى) الاحتكاك فى خطوط الشفط إلى أقل مستوى ممكن، اذ أن كل ما لدينا من علو (رأسى) ليدفع السائل الى شفط المضخة هو ارتفاع السائل فى الخزان وما يعلوه من الضغط الجوى، ويوضح لنا الشكل (٢-١٢) تغيير الضغط أى العلو (الرأسى) فى خطوط الشفط (السحب) للمضخة، ويراعى أنه اذا كان الفقد فى علو (رأسى) الشفط كبيرا، فربما يؤدى ذلك إلى انخفاضه عن مستوى الضغط الجوى وما يصحبه من ضياع لكفاءة المضخة، وربما بدء غليان السائل المدفوع بداخلها وانقطاع التصريف كلية .



شكل ٢ ـ ١٢ : انخفاض الضغط (العلو) فى مواسير الشفط

٢ ـ ٨ المصطلحات الفنية فى توصيف (تصميم) المضخات :

لابد أن نحدد المتطلبات اللازمة من المضخة بطريقة لا يحدث معها سوء فهم بين المشترى والمورد ، ومن المهم لذلك أن نستخدم المصطلحات المتعارف عليها والموحدة فنيا فى صناعة المضخات، لذلك يلزمنا توضيحا للتعبيرات المختلفة المستخدمة، كما يساعدنا ذلك فى تبسيط أى مناقشة عن مشاكل المضخات والتمييز بينها .

٢-٨-١ السعة :

هى تعبير عن كمية الماء (أو أى سائل) يتم تصريفه فى فترة محددة من الزمن. وتستخدم الوحدات العالمية المتر المكعب فى الثانية للتعبير عن السعة كما يجوز أن يتم تحديدها عمليا باللتر فى الدقيقة أو الجالونات فى الدقيقة (بالوحدات الامريكية) ونجد فى تذييل الكتاب جداول التحويل من الوحدات العالمية للوحدات الامريكية .

٢-٨-٢ العلو (الرأسى) :

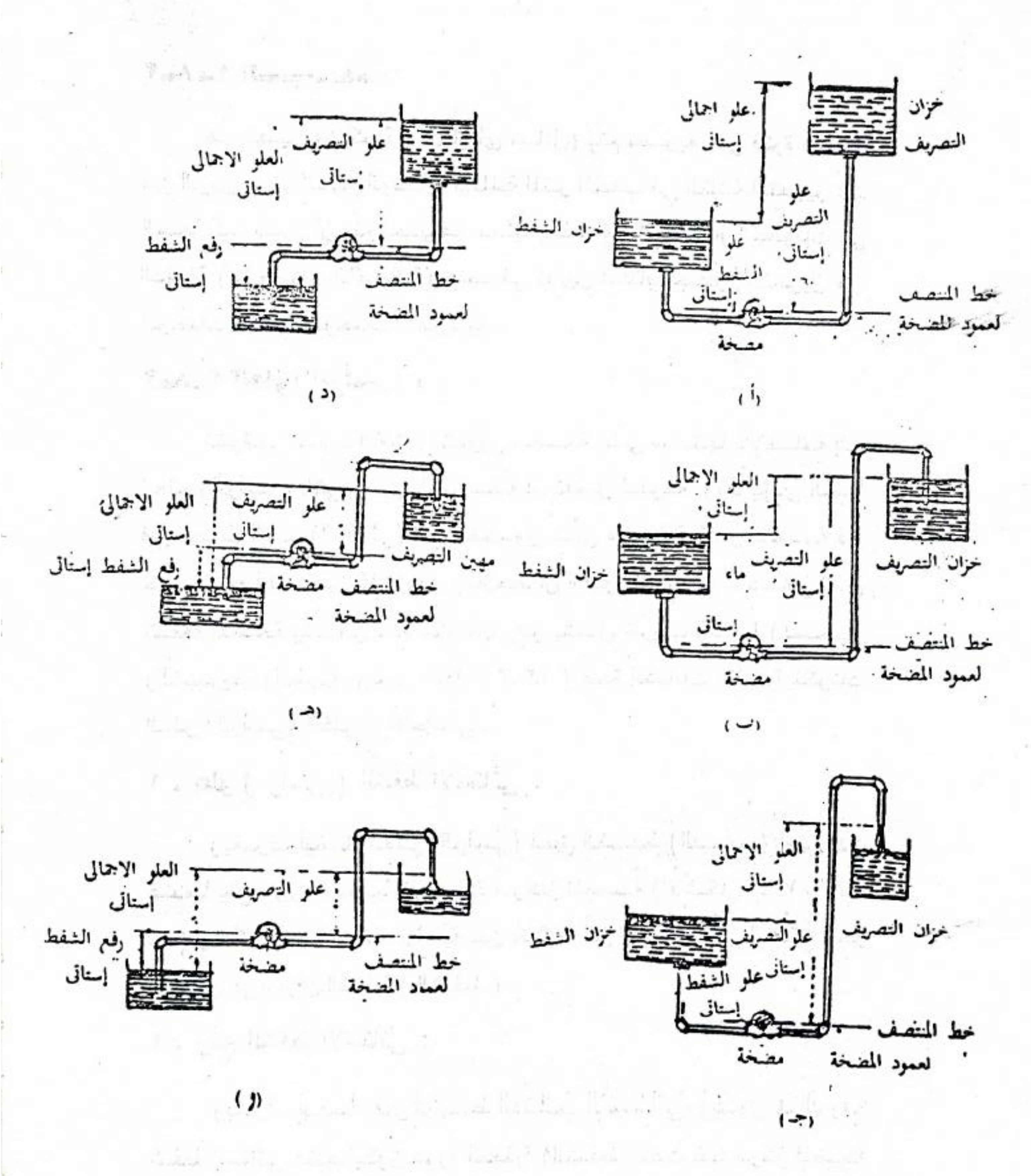
تتوقف القدرة اللازمة لتدوير مضخة على سعتها بالإضافة إلى العلو (الرأسى) التى ينبغى للمضخة أن تعمل لبلوغه. وقد يؤدى الخطأ فى تحديد العلو (الرأسى) الى الحصول على مضخة غير مناسبة فى خصائصها للتطبيق المطلوب، ويلاحظ أن العلو (الرأسى) الاجمالى الذى تحققه المضخة يتضمن عدة مكونات وهو يشكل ظروف الشفط (السحب) والتصريف (الطرد). ويبين شكل (٢-١٣) عدة انشاءات تقليدية لمكونات العلو (الرأسى) الكلى أو الاجمالى .

١ - علو (رأسى) الشفط الاستاتى :

ويعرف أيضا بالعلو (الرأسى) فوق الشفط (السحب)، ويحدث عندما يقع مورد التغذية فوق خط مركز المضخة (الاشكال ٢-١٣، أ، ب، جـ) ويتكون من المسافة الرأسية بين خط مركز المضخة وبين السطح الحر للسائل فى خزان التغذية (الشفط) .

٢ - رفع الشفط الاستاتى :

ويعرف أيضا بعلو الشفط السالب الاستاتى، ويكون هناك رفع شفط استاتى عندما يكون مورد التغذية (الشفط) تحت خط مركز المضخة (الاشكال ٢-١٣، د، هـ، و)، ويتكون من المسافة الرأسية بين السطح الحر للسائل فى مورد التغذية وبين خط مركز المضخة .



شكل ٢ ـ ١٣ : المصطلحات الايدرولية فى اختبار تصميم المضخات

٣ ـ علو (رأسى) التصريف الاستاتى :

ويتكون من المسافة الرأسية بين خط مركز المضخة وبين السطح الحر للسائل فى خزان التصريف (الاشكال أ، ب، د، هـ) أو إلى نقطة التصريف الحر (شكل جـ ، و) .

٤ ـ العلو (الرأسى) الاجمالى الاستاتى :

ويتكون من المسافة الرأسية بين سطح مورد التغذية (الشفط) ، وبين السطح الحر للسائل فى خزان التصريف (شكل أ، د، هـ) أو الى نقطة التصريف الحر عند ماسورة التصريف (شكل جـ، و). وعندما يكون مورد التغذية (الشفط) له سطح كبير مثلما هو الحال فى بحيرة أو نهر مثلا يكون مستوى سطح الشفط عمليا متساويا عند بدء المضخة وعند وقوفها، أما فى حالة الصهاريج العميقة فسوف يتغير مستوى سطح السائل والمنسوب عند نهاية التشغيل عما كان عليه قبل بدء التشغيل، لذلك ينبغى أن تكون المضخة مصممة بحيث تشفط الماء حتى عندما ينخفض منسوبه إلى أقل مدى ممكن .

وقد تعمل المضخة أيضا ضد علو (رأسى) تصريف استاتى متغير، ويحدث ذلك فى الحالة التى تدخل ماسورة التصريف إلى قاع الخزان (شكل أ. د)، فاذا زاد ارتفاع الماء فى صهريج التصريف ١,٤ متر مثلا فسوف يتغير العلو (الرأسى) الاستاتى بنفس الكمية. لذلك يراعى عند حساب العلو (الرأسى) الاجمالى الاستاتى على المضخة أن يتم تقديره حتى أعلى مستوى منتظر للماء فى الصهريج .

٥ ـ رفع الشفط الدينامى :

ويعرف أيضا بعلو الشفط الدينامى السالب وهو مجموع رفع الشفط الاستاتى مضافا اليه الخسائر اللازمة للتغلب على الاحتكاك فى خط الشفط وكذلك خسائر التدويم فى حركة السائل. وربما يكون لاحد

المضخات علو (رأسى) شفط استاتى وهى واقفة ، (وهى الحالة التى يكون فيها مورد التغذية أعلى من المضخة)، ولكننا اذا طرحنا منه مجموع خسائر الاحتكاك والتدويم، وكانت أكثر من علو الشفط الاستاتى فسوف يكون للمضخة فى حالة تشغيلها رفع شفط دينامى، ويكون مقداره حينئذ هو مجموع تلك الخسائر مطروحا منها قيمة علو (رأسى) الشفط الاستاتى، وعلى ذلك فقد يكون لمضخة علو (رأسى) شفط استاتى عندما تقف (أو تعمل بحمل جزئى) ثم يكون لها رفع شفط دينامى عندما تعمل بالسعة المقننة لها بالكامل. فمثلا اذا كان علو الشفط الاستاتى للمضخة هو ١,٥ متر ثم كانت الخسائر فى خط الشفط عند التشغيل تكافئ علو (رأسى) مترين فسوف يكون رفع الشفط الدينامى للمضخة مساويا نصف متر .

٦ ـ علو (رأسى) الشفط الدينامى :

ويعرف أيضا بالعلو (الرأسى) فوق الشفط وهى الحالة التى يكون فيها مورد التغذية للمضخة أعلى من خط مركز المضخة (الاشكال د، هـ، و) ويتكون من المسافة الرأسية بين سطح مورد التغذية وخط مركز المضخة مطروحا منه العلو (الرأسى) المكافئ لخسائر الاحتكاك والتدويم (ولكن لا يطرح منه الخسائر الداخلية للمضخة) وذلك فى حالة تشغيل المضخة عند السرعة والسعة المقننة .

ويتحقق علو (رأسى) الشفط الدينامى عندما يكون مجموع رأسى التدويم وعلو (رأسى) خسائر الاحتكاك جميعها أقل من المسافة الرأسية بين خط مركز المضخة والسطح الحر لمورد التغذية كما سبق توضيحه .

٧ ـ علو (رأسى) التصريف الدينامى :

وهو يتضمن علو التصريف الاستاتى مضافا اليه العلو (الرأسى) الضرورى للتغلب على الاحتكاك فى خط التصريف ،وعلو (رأسى) السرعة ، وخسائر الخروج .

٨ ـ العلو (الرأسى) الاجمالى الدينامى :

وهو يتكون من مجموع رفع الشفط الدينامى ، وعلو (رأسى) التصريف الدينامى (فى حالة انخفاض مورد التغذية عن خط منتصف المضخة) أو هو الفرق بين علو (رأسى) التصريف الدينامى وعلو (رأسى) الشفط الدينامى (فى حالة ارتفاع مورد التغذية عن خط منتصف المضخة) .

الباب الثالث

المضخات الترددية

نستعرض فى هذا الباب خصائص المضخات الترددية بالنسبة لتدفق السوائل منها ، كما نشرح كافة التركيبات الملحقة بالمضخة الترددية مثل أسطوانات الهواء ومواثمات الضغط .

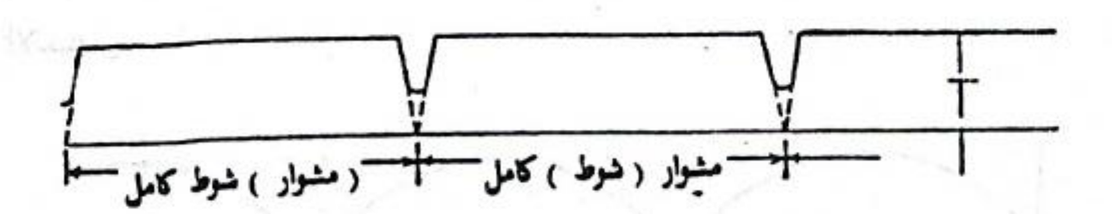
ونبين مختلف الصمامات المستخدمة على خطوط الشفط والطرد للمضخة .

وأخيراً نستعرض أسلوب تتبع الخلل والأعطال وطريقة علاجها .

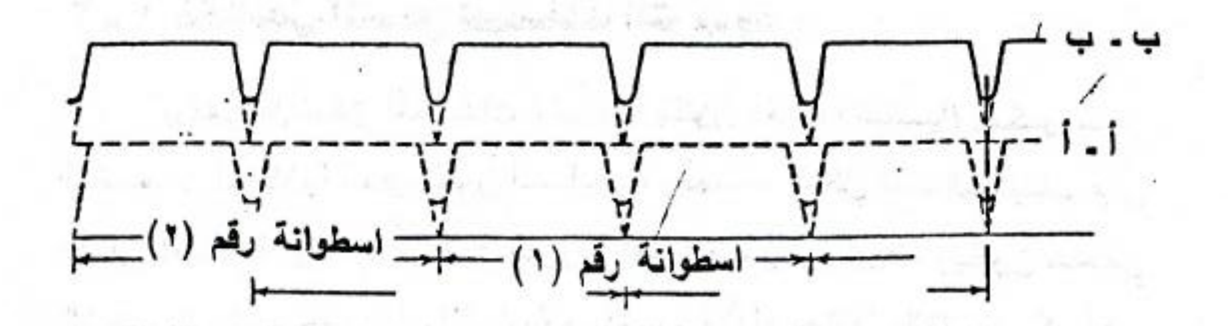
٣ ـ ١ خصائص التدفق للمضخات الترددية :

يراعى أن تدفق المضخات الترددية يكون دفعيا (نبضيا) بعكس تدفق المضخات المركزية الذى يكون انسايبيا، ويعتمد شكل تلك النبضات على طراز المضخة، وما إذا كانت مزودة بغرفة هوائية أو لا ، ويكون منحنى التصريف لمضخة بخارية أحادية مباشرة الأداء مماثلا بالتقريب كما فى شكل (٣ـ١) ، وعندما يصل الكباس نهاية شوطه فسوف ينعكس ويتسارع بعجلة إلى سرعة يكون عندها ضغط الماء على كباس المضخة مساويا للضغط الكلى على كباس البخار ويظل فى تلك السرعة حتى قرب نهاية الشوط عندما يغلق صمام البخار ويتوقف الكباس .

فاذا لم يكن هناك غرفة هواء على خط التصريف ، فسوف لا يكون هناك تصريف للمضخة (نظريا) عند نهاية كل شوط، ولكن وجود غرفة الهواء على التصريف سوف يمنع هبوط التصريف الى الصفر كما تبينه المنحنيات بين أشكال التصريف .



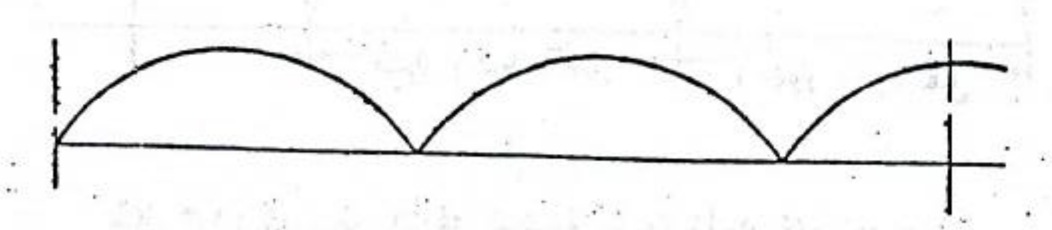
شكل ٣.١ : خصائص التدفق لمضخة مفردة (أحادية) مباشرة الاداء



شكل ٣ـ٢ : خصائص التدفق لمضخة ثانية مباشرة الاداء

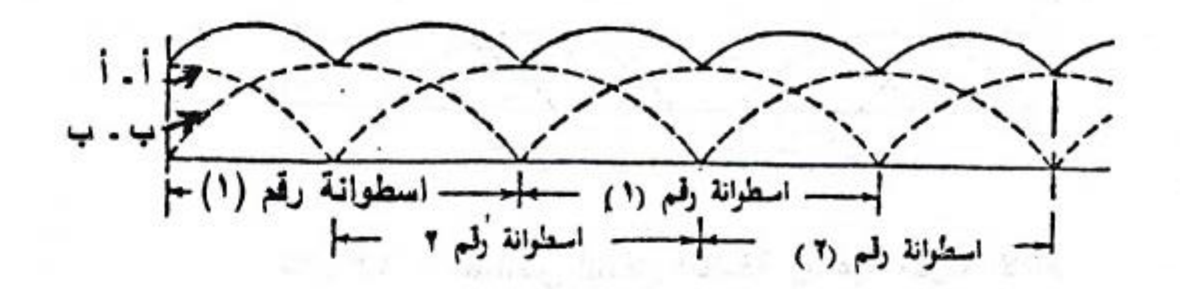
وعندما يكون لدينا مضخة مزدوجة مباشرة الاداء فان تصريف أحد الاسطوانات يقع فى منتصف شوط الاسطوانة الثانية كما فى شكل (٣ـ٢).

وفى هذا الشكل اذا كانت (أ) ، (أ) تمثل التصريف من احدى الاسطوانات فان (ب) ، (ب) تمثل التصريف من الاسطوانة الأخرى ، ويتجمع التصريفان ليعطيانا شكل التصريف فى منحنى المضخة المفردة، ولكن تلك النقط المنخفضة لا تقل أبدا عن التصريف الاقصى للطراز الاحادى.



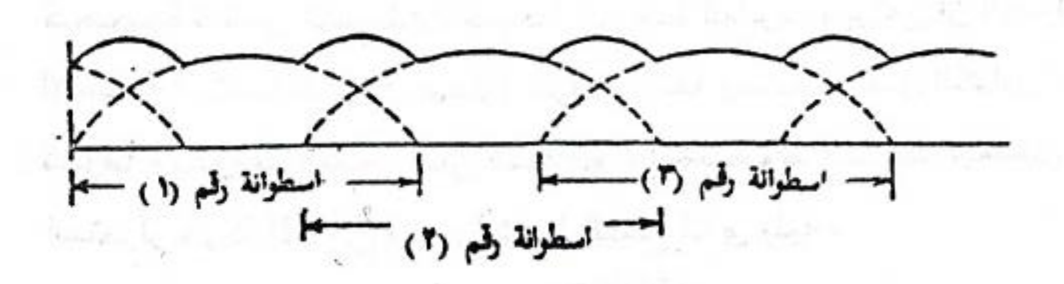
شكل ٣ـ٣ : خصائص التدفق لمضخة أحادية (فردية) مزدوجة الأداء

أما التصريف من المضخة التى تدار بالقدرة فأنه يأخذ شكل منحنى، إذ أن كباسها أو دافعتها تدار بالمرفق (شكل ٣ـ٣) ، وتبين هذه المنحنيات مقدار التصريف من مضخة فردية (لحادية) مزدوجة الأداء أو مضخة ثنائية مفردة الأداء .



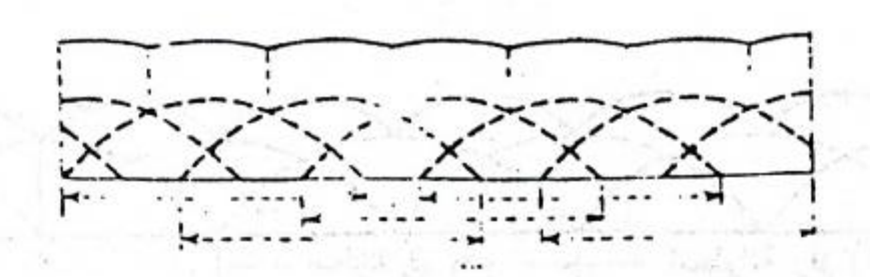
شكل ٣ـ٤ : خصائص التدفق لمضخة ثنائية مزدوجة الاداء

أما المنحنيات فى شكل (٣ـ٤) فهى لمضخة ثنائية مزدوجة الاداء والمنحنى (أ) ، (أ) للاسطوانة الأولى بينما (ب)، (ب) للاسطوانة الثانية، ويعطينا الخط الكامل التصريف المزدوج للاثنين ، والذى يمثل التدفق فى ماسورة التصريف .



شكل ٣ـ٥ : خصائص التدفق لمضخة ثلاثية مفردة الاداء

ويبين المنحنى فى شكل (٣ ـ ٥) مضخة ثلاثية مفردة الاداء تدار بمحرك قدرة ولها نفس ابعاد اسطوانة المضخة المزدوجة الاداء شكل (٣ـ٣)، وبالرغم من أن المضخة الثلاثية تؤدى ٧٥٪ فقط من أشواط التشغيل بالنسبة للمضخة الثنائية مزدوجة الاداء فان منحنى تصريفها أكثر انتظاما (ثبوتا) من تصريف المضخة الثنائية ولعل ذلك يرجع إلى العلاقة بين تصريف مختلف الكباسات .

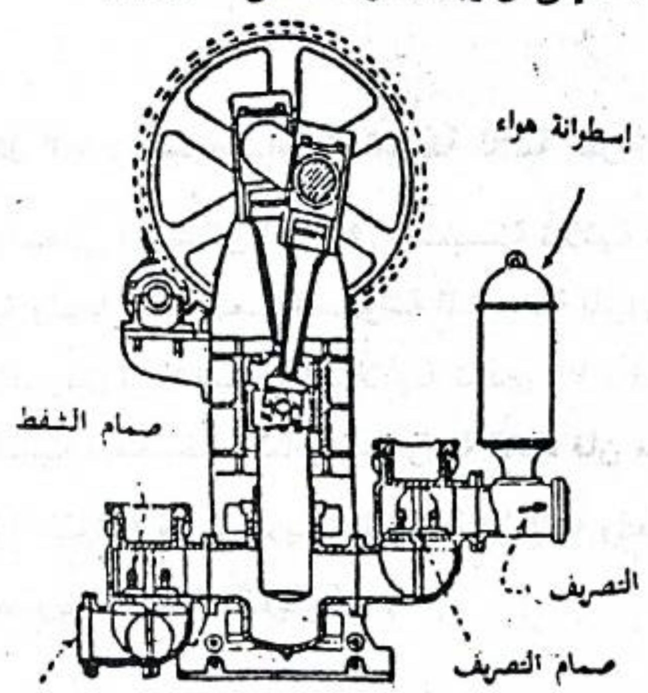


شكل ٣-٦ : خصائص التدفق لمضخة رباعية مفردة الاداء

ويبين شكل (٣-٦) منحنى التصريف لمضخة رباعية ويراعى أنه أكثر انتظاما (ثبوتا) عما سبقها .

٣-٢ اسطوانة الهواء :

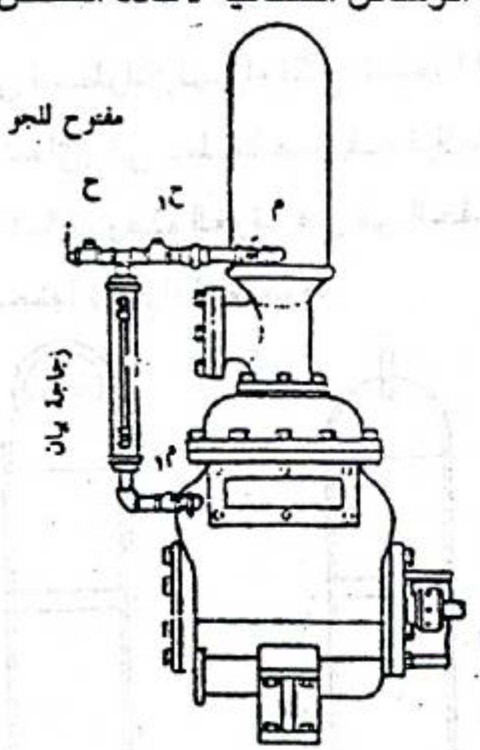
يُتم تجهيز الكثير من المضخات الترددية باسطوانة (زجاجة) هواء على خط الطرد (شكل ٣-٧) وتكون وظيفتها سلاسة وانتظام انسياب التدفق وتهدئة التشغيل فى المضخة، إذ أن الهواء فى الاسطوانة يعمل كمخدة تمتص تذبذبات الضغط فى خط الطرد، ويراعى أن الهواء فى الاسطوانة ينضغط خلال عملية طرد المضخة وعندما يصل الكباس لنهاية شوطه ويتوقف الضخ، فان هذا الهواء المضغوط يتمدد ليعمل على استمرار حركة الماء إلى أن يبدأ شوط الضخ الذى يليه .



شكل ٣-٧ : زجاجة (اسطوانة) الهواء على خطوط الطرد لمضخة ترددية

ويعتمد حجم اسطوانة الهواء على طراز المضخة وسرعتها وارتفاع ضغط الطرد ، ويزيد حجم الاسطوانة فى المضخة الاحادية عن الثنائية ، كما يزيد الحجم أيضا فى المضخة السريعة أو مرتفعة الضغط .

ويلاحظ أن الماء يميل الى امتصاص الهواء، ومعنى ذلك أنه مهما كانت اسطوانة الهواء محكمة من التنفيث، فلابد أن يستهلك ما بها من الهواء لتمتلئ بالماء تدريجيا، وسوف يزداد معدل فقد الهواء ، بزيادة ضغط الطرد، وتستخدم وسائل متعددة لاعادة شحن اسطوانة الهواء، ويعتبر المنفس من أهم الوسائل التلقائية لاعادة الشحن بالهواء .



شكل ٣ـ٨ : منفس هواء مركب على مضخة ترددية ليحفظ شحنة اسطوانة الهواء

٣ـ٣ منفس الهواء (فتحة خروج الهواء) :

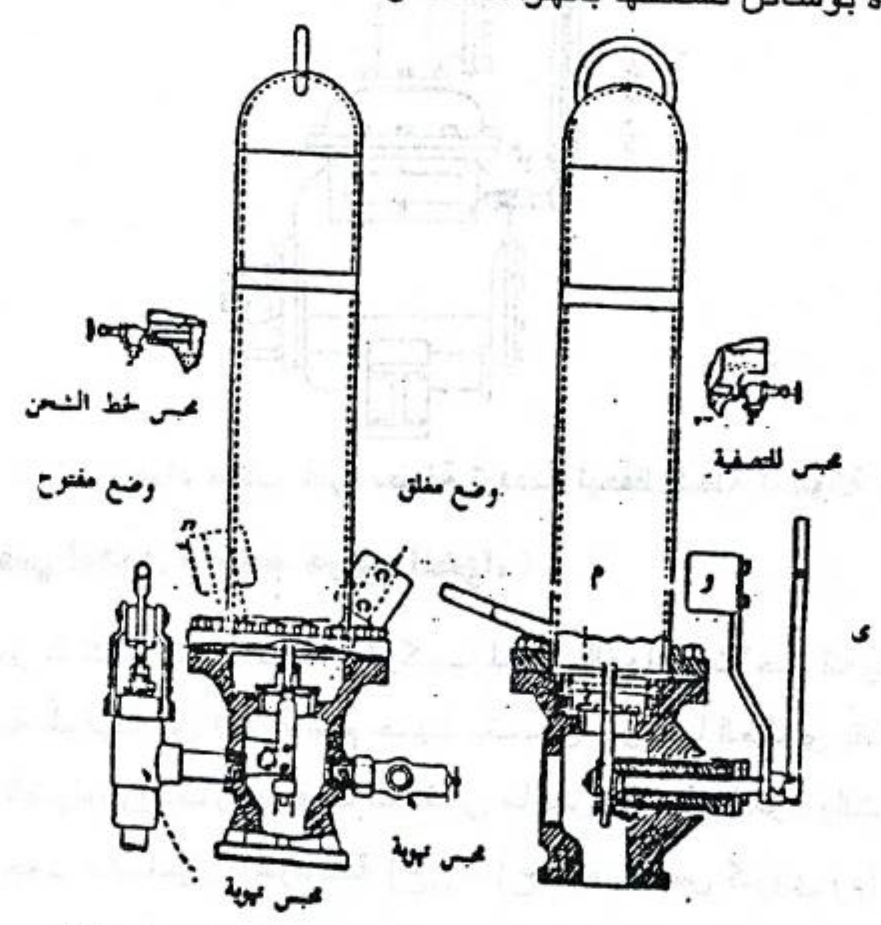
يبين شكل (٣ـ٨) طريقة التركيب لمنفس الهواء، ونلاحظ أنه يتكون من أنبوبة طولها من ٥ ـ ٨ سم حيث يتصل طرفها العلوى بقاعدة أسطوانة الهواء، ويتصل طرفها السفلى ما بين صمام الطرد والشفط، ويراعى وجود صمامين للمراجعة (ح١) ، (ح) ومحبس كروى (م) على الخط الموصل بين أنبوبة المنفس وقاعدة أسطوانة الهواء اتجاه صمام

التوكيد (ح) بحيث يسمح بتدفق الهواء من اليد الى المنفس، أما الصمام ($ح_1$) فيسمح بتدفق الهواء من المنفس الى الاسطوانة .

وينبغى ضبط الصمام الكروى ($م_1$) بحيث يظل بعض الماء فى أنبوبة المنفس عند نهاية شوط الشفط ليعمل كباسا يدفع الهواء الى اسطوانة الهواء خلال شوط الطرد، وعندما يكون ضبط الصمام ($م_1$) سليما نجد الماء فى أنبوبة البيان بطول الأنبوبة متوافقا مع شوطى الشفط والطرد للمضخة .

٣ـ٤ غرفة الاندفاع (الاندفاق) :

عندما لا تكفى اسطوانة الهواء لكى تمنحنا الوقاية اللازمة ضد الاندفاع المفاجئ (الاندفاق) فى خط التصريف، فلابد عندئذ من استخدام غرفة اندفاع (شكل ٣ـ٩)، وهذه الغرفة هى فى الحقيقة غرفة هواء مكبرة ومزودة بوسائل لشحنها بالهواء المضغوط .

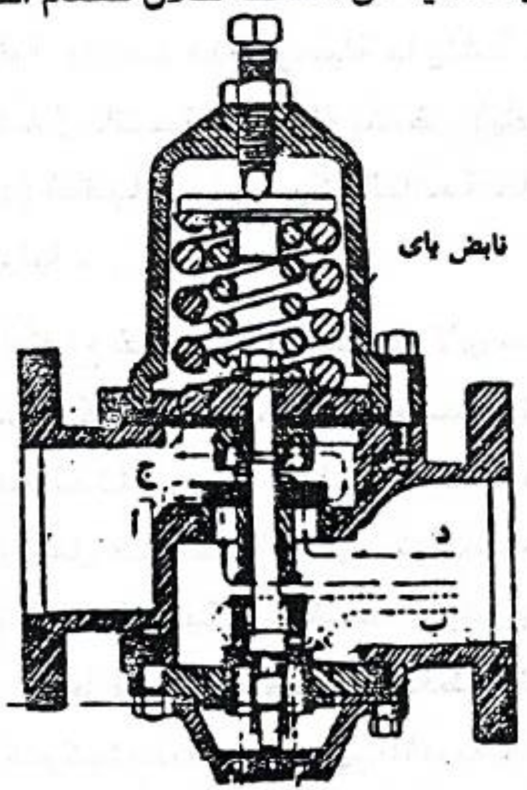


شكل ٣ ـ ٩ : غرفة اندفاع لمضخة ترددية تعمل للطمى

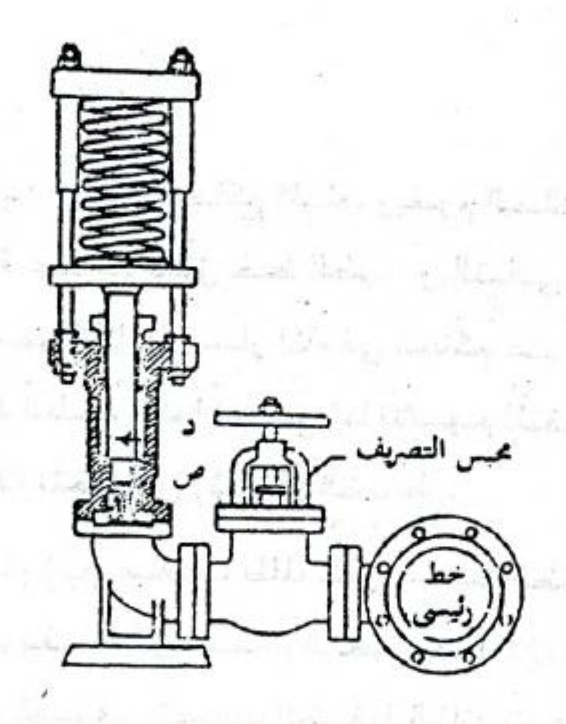
٣ ـ ٥ حاكم المياه :

يبين شكل (٣ـ١٠) فكرة حاكم المياه، ويقوم الحاكم عمليا بالتاء الحمل عن المضخة عندما يغلق خط الطرد، وبالتالى يحفظ القدرة للتشغيل، وتبين الاسهم الكاملة مسار الماء فى الحاكم عند التشغيل المعتاد أثناء ضخ الماء فى خط الطرد بينما توضح لنا الاسهم المنقطعة مسار الماء عند القائها من المضخة لتخفيض (تهوية) الضغط .

ويكون الصمام (ب) مغلقا طالما كان ضغط الطرد عند الحدود الآمنة، ويكرن التصريف خلال صمام التصريف (أ)، فاذا انسد خط الطرد أو كان مغلقا، فسوف يتسبب الضغط الزائد تحت الرق (س) فى دفعه لاعلى متغلبا على ضغط النابضيين (اليايين) (ن) وينفتح صمام التهوية (ب)، وعندما ينفتح خط الطرد، أو يزول ما يسبب انسداده، ينخفض الضغط تحت الرق (س) الذى يتحرك لاسفل فيغلق الصمام (ب)، ويعود التصريف ثانية من المضخة خلال صمام التصريف (أ) .



شكل ٣ ـ ١٠ : حاكم المياه والاسهم الكاملة تبين مسار الماء فى التشغيل والخطوط المنقطة تبين مسار الماء عند عمل الحاكم



شكل ٣-١١ : منظم الضغط (مختلف) للمضخات الترددية مرتفعة الضغط

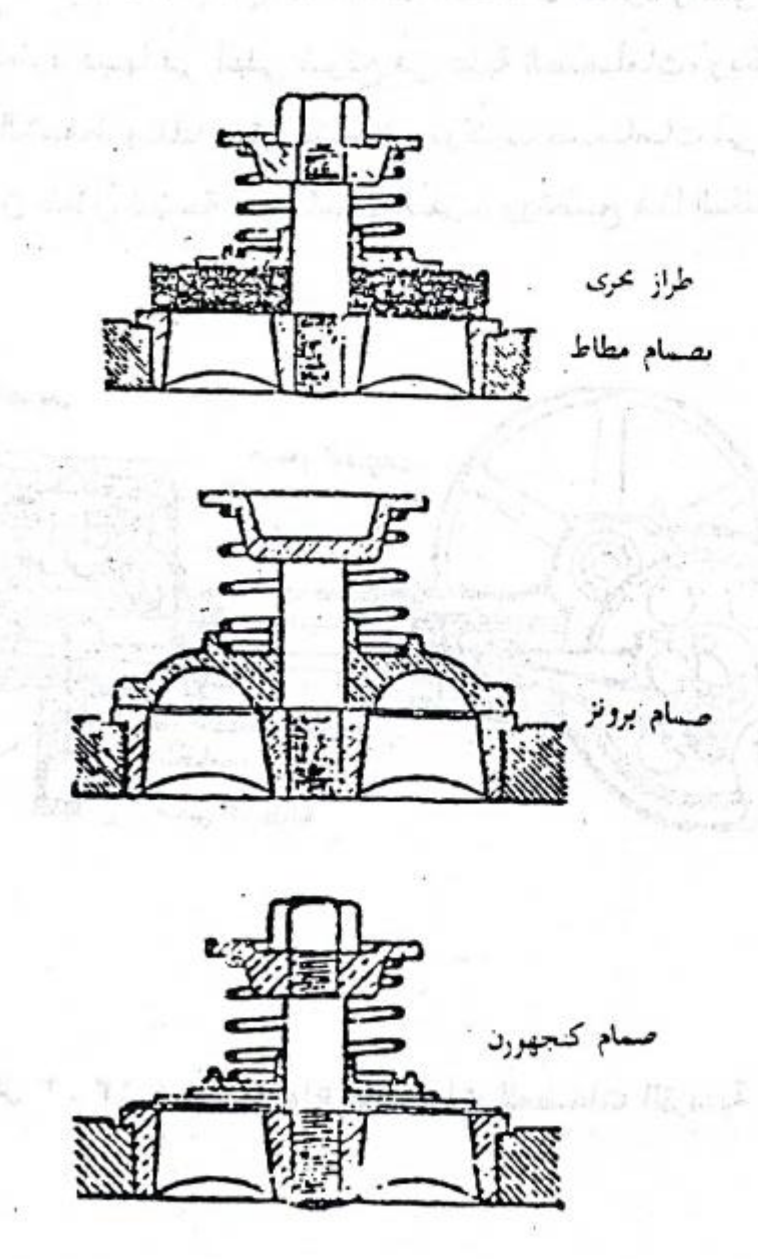
٣ ـ ٦ منظمات الضغط :

وتستخدم بشكل خاص لمضخات التشغيل الايدرولى، والغرض منها أن تمنع تلف المضخة أو المواسير من الصدمات الناشئة عن التوقف المفاجئ للأجهزة الايدرولية، وتخمد هذه الوسيلة ما ينشأ من صدمة بامتصاص الضغط الزائد خلال دافعة محملة بنابض (ياى)، ويكون الشد فى النوابض (اليايات) كافيا ليمنع حركة الدافعة خلال التشغيل المعتاد للمجموعة الايدرولية .

فاذا حدث ارتفاع غير معتاد للضغط لأى سبب، فسوف تتحرك الدافعة لأعلى بدرجة كافية لامتصاص الصدمة، ثم تعود تدريجيا إلى موضع تشغيلها المعتاد، ويزود منظم الضغط (شكل ٣-١١) بصمام توكيد (تتميم)، ويعمل هذا الصمام على منع الصدم أو الفشل للمنظمات عند سرعة عودة الدافعة ثانية الى مقعدها، وقد يحتمل حدوث ذلك اذا نقص الضغط فى الخط فجأة لبدء صدمة ضغط مرتفع غير معتادة، ونجد بقرب من صمام التوكيد عددا من الخروم المثقوبة خلاله والتى تخنق عودة المياه من تحت الدافعة (د) الى خط المواسير، وبالتالى تتحكم فى الحركة السفلية للدافعة .

٣ ـ ٧ صمامات الشفط (السحب) والطرد :

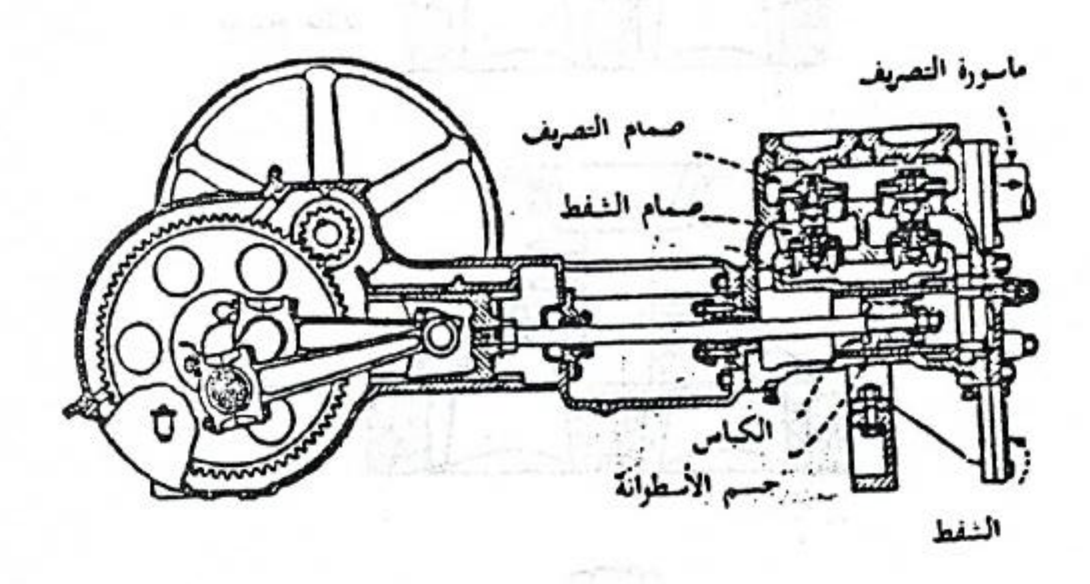
غالبا ما تتشابه صمامات الشفط (السحب) والطرد فى المضخة الترددية ويبين لنا شكل (٣ـ١٢) بعض هذه الصمامات، ونجد أن قرص الصمام يكون أحيانا من المطاط الصناعى أو الفبر أو النحاس الأحمر (البرونز)، وغالبا تكون قاعدة الصمام من النحاس الأحمر .



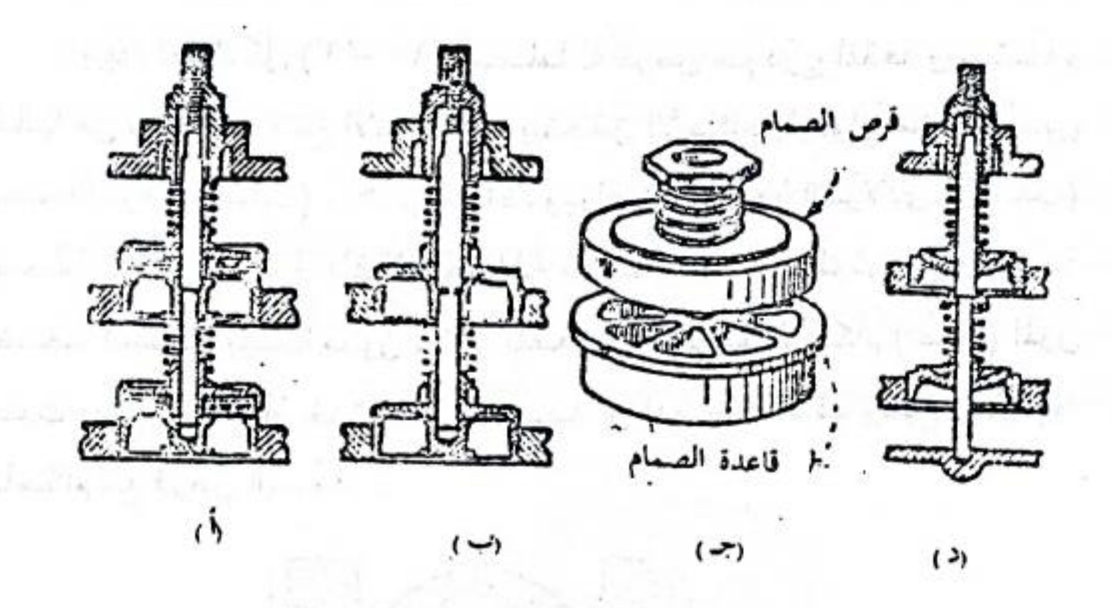
شكل ٣ـ١٢ : بعض أنواع الصمامات للمضخات الترددية

يستخدم الفولاذ (الصلب) المعامل حراريا لمقاومة الصدأ فى النوابض (اليايات) كما يستخدم الفولاذ أيضا لقواعد وأقراص الصمامات فى المضخات الترددية، ذات الضغط العالى أو التى تعمل فى درجات حرارة مرتفعة.

ونجد فى بعض أنواع المضخات أن المساحة المخصصة لصمامات الشفط (السحب) أصغر من مساحات صمامات الطرد والتى يتم تركيب صمامات الطرد فيها فى أعلى موقع فى علبة الصمامات، ويكون اسفلها صمامات الشفط وذلك حتى يتسنى تركيب صمامات فى موضعها بسهولة من خلال فتحة صمامات الطرد، ويتضح هذا النظام فى شكل (٣-١٣).



شكل ٣ - ١٣ : بعض أنواع الصمامات للمضخات الترددية



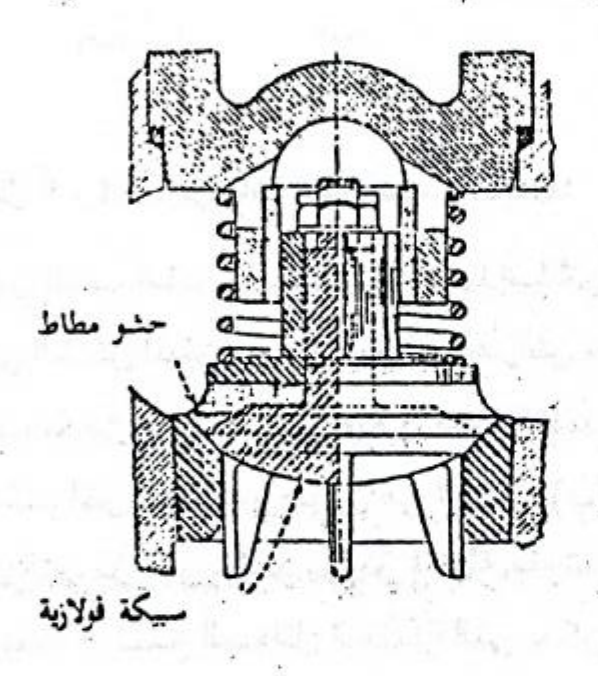
شكل ٣ ـ ١٤ : ترتيبات الصمامات ومقاعدها

وتصنع أقراص الصمامات من عدة أنواع منها إما أقراص من المطاط كما هو موضح فى الشكل المبين فى (أ) وذلك لأغراض ضخ الماء العذب البارد أو أقراص مصنعة من مركبات صناعية وتكون المقاعد برونزية وذلك لأغراض ضخ الماء الساخن كما هو مبين فى الشكل (ب) حيث تصنع أقراص الصمام من البرونز على مقعد برونز لمداولة ماء تغذية الغلاية فى درجات الحرارة المرتفعة أو لضخ السوائل الخفيفة التى يمكن أن تتفاعل مع المطاط .

ونتبين من شكل (سابق) كيف يتم ترتيب موضع مثل تلك الصمامات فى المضخة ونجد أن لتلك الصمامات أضلع قطرية مثبتة فى مقاعدها وذلك حتى تقوم بحمل قرص الصمام وليثبت بها الساق الدليل مثل المبينة فى شكل جـ. وتستخدم صمامات طراز الجلة (شكل د) للموائع مرتفعة اللزوجة وتصنع بدون أضلاع التحميل حتى لا تعوق تدفق السائل .

٣ ـ ٨ صمامات المقعد المزدوج :

يبين لنا شكل (٣ – ١٥) صماما له قرص مزدوج المقعد ويستخدم غالبا فى عمليات ضخ الاسمنت، ويتحقق الاحكام بازدواج من مقعدين أحدهما فولاذ (صلب) والآخر مطاط، ويراعى أن المقعد الفولاذى (الصلب) يتحمل تأثير صدمة الأغلاق كما أنه يتحمل الحمل المؤثر عليه نتيجة لضغط السائل بينما يكون تأثير المقعد المطاط هو الأحكام (حبك) المرن حيث يمنع القطع أو خدش المقعد ونجد أن المطاط ناشف وطيع ومربوط بأحكام مع قرص الصمام .

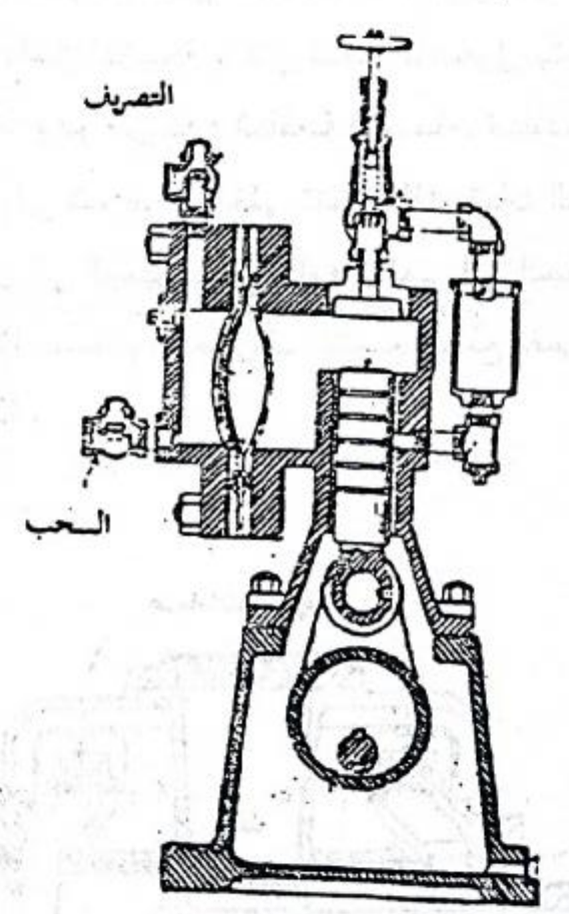


شكل ٣ ـ ١٥ : صمام له مقعد مزدوج وريش توجيه

٣ ـ ٩ الصمامات الكروية :

يبين الشكل (٣ ـ ١٦) صمامات من النوع الكروى وغالبا ما يستخدم هذا الطراز عند الرغبة فى وجود فتحة حره فى خط الطرد كى تساعد على سرعة تدفق السوائل الثخينة (مرتفعة اللزوجة)، ويتم توجيه حركة هذه الكرات خلال فتحات مناسبة وذلك أثناء الرفع (الفتح) والغلق كما وأن هذه الكرات تستقر بعد عملية الغلق على مقاعد ذات فتحة دائرية

يجوز ادارتها بموتور مقرون مباشرة بالمضخة (عن طريق قارنة) أو بواسطة سيور أو تروس تخفيض سرعة، ويراعى فى هذه المضخة أن الرق من المطاط الصناعى ومربوط فى كباس وهى مزودة بصمامات شفط وتصريف كروية فى أقفاص مقلوظة على جسم المضخة وتدار باللامتمركز (اكسنتريك) على عمود الدوران .



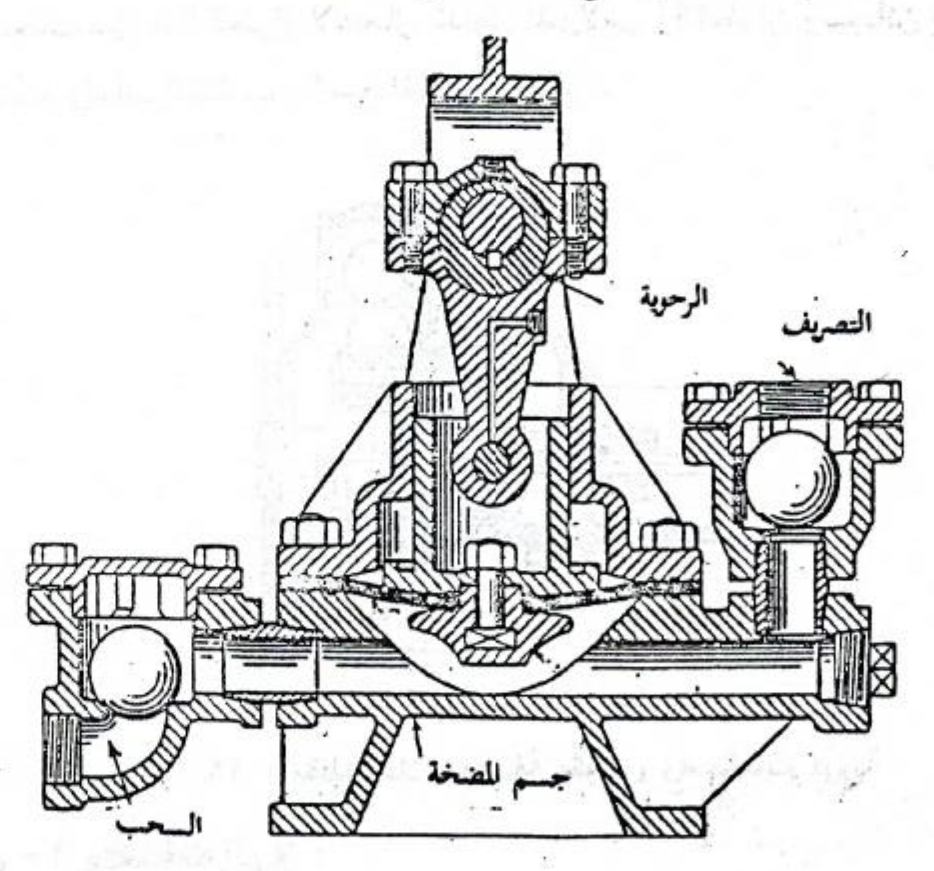
شكل ٣-١٨ : مضخة الرق للضغط المرتفع
وتصلح لضغوط حتى ٢٠ بار (جوى)

٣ - ١١ : الرق للضغط المرتفع :

يبين شكل (٣-١٨) مضخة رق للضغط المرتفع وهى، صالحة لضغوط حتى ٢٠ بار بمعدل تصريف اثنين ونصف لتر فى الدقيقة، ويراعى فى هذا الطراز سهولة تغيير الرق عند الرغبة فى ذلك اذا حدث أى شق (تشقق) أو تسرب فيه .

خاص ليقاوم التحات والصدأ ودرجات الحرارة العالية (فى بعض الأحوال) ويسمح الرق بحركة الدافعة لأعلى ولأسفل وذلك بخاصية مرونة المطاط وبدون تحاك جسم بآخر .

وعندما تتحرك الدافعة لأعلى فانها تخلق تفريغا من جانب الرق المواجه لصمام الشفط فيندفع منه السائل للمضخة.



شكل ٣ـ١٧ : مضخة رق (رداخ) بصمامات كروية

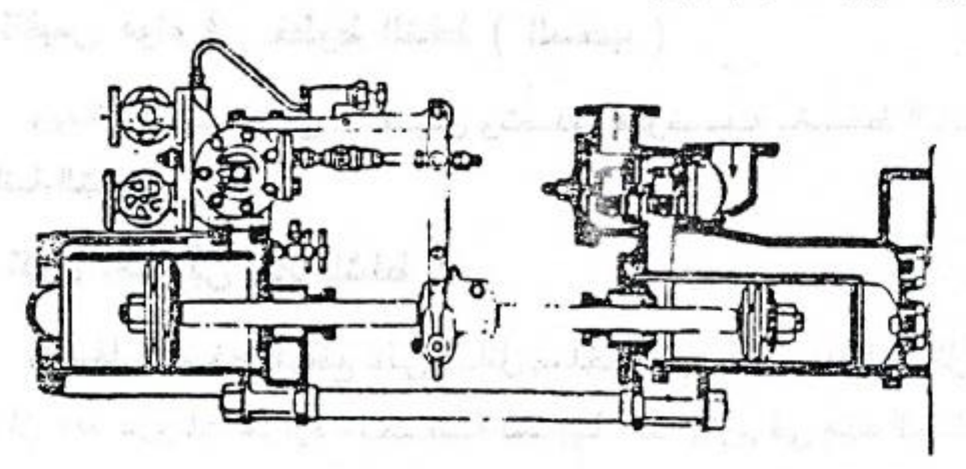
وعند حركة الدافعة لأسفل يطرد السائل خلال صمام التصريف، ويتم تحريك الدافعة بواسطة لا متمركز (اكسنتريك) منضغط (قابل للضغط) على عمود مستقيم، بحيث يمكن تغيير طول المشوار من حوالى ١,٥ سم الى الحد الأقصى المرغوب .

وتعمل تلك المضخات بسرعات منخفضة نسبيا، وحدها الأقصى ٦٠ شوطا فى الدقيقة، وتصنع إما أحادية أو ثنائية أو ثلاثية أو رباعية، كما

التحكم التوافقي لصمامات الشفط :

تزود بعض المضخات متعددة الاسطوانات، بطرف السائل من الفولاذ المطروق و بها تحكم توافقي لصمامات الشفط، ويسمح لنا هذا التحكم بالتشغيل المستمر للمضخة مع تغيير سعتها حسب الطلب للماء، وذلك بتنظيم عمل صمامات الشفط، وعندما يبلغ الحمل موضعا سابق تحديده في شوط الصاعد يعمل على تصيد آلية التحكيم التوافقي ويرفع الحمل عن المضخة وذلك بأن يمنع صمامات الشفط من التقاعد، ويجرى تحقيق ذلك بترتيب بسيط لحدبات تدفع ساقا تحت كل صمام شفط بالتالي، ويتم هذا الفعل متوافقا مع حركة عمود المرفق ويجرى توقيته ليتم خلال شوط الشفط لكل من اسطوانات المضخة

وعلى ذلك ترفع سيقان الصمامات عندما تكون صمامات الشفط مفتوحة وبالتالي فلن تتعرض لأى انفعال. ويتم التحميل على المضحه تدريجيا ويجرى توقيته ليحدث عندما تكون كل دافعة (أو كباس) في أعلى شوطه. وبذلك يتم توريعه خلال لفه كاملة لعمود مرفق المضحة



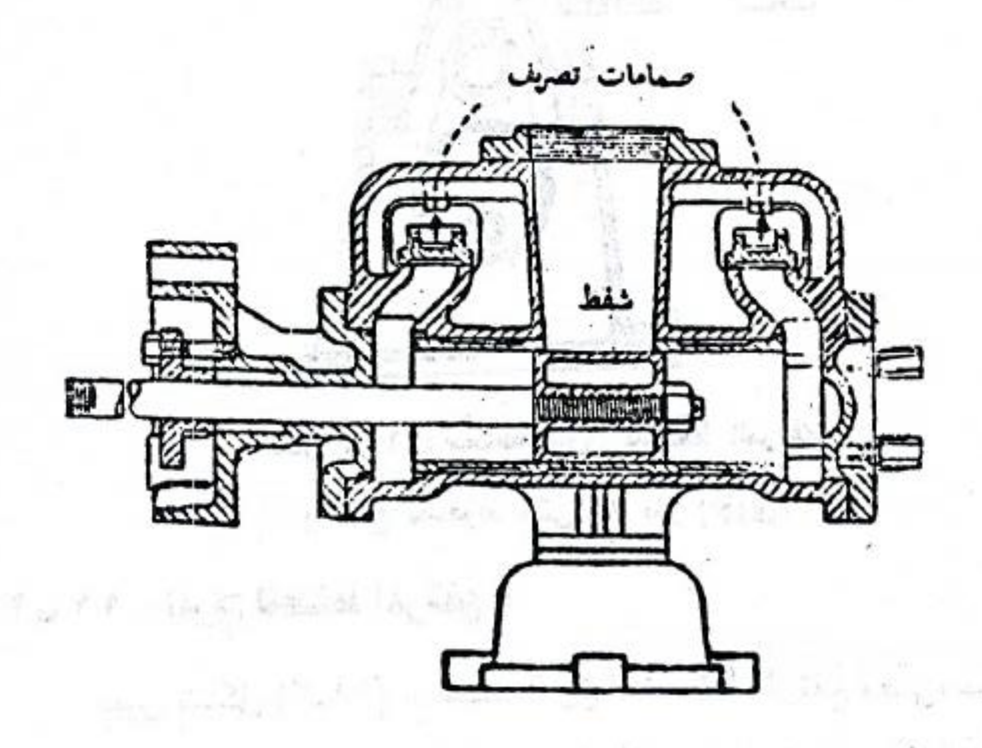
شكل ٣-٢٠ : مضخة مفردة مباشرة الاداء وتدار بالبخار

٣ - ١٢ تتبع الخلل والأعطال :

يشيع استخدام المضخات الترددية التي تدار بمحركات البخار الترددية في كثير من التطبيقات، وسوف نناقش فيما يلي ما تتعرض له من خلل وأعطال .

٣-١٢ المضخات الترددية بدون صمامات الشفط :

تم تطوير تلك المضخات لمداولة المواد نصف الصلبة مثل الطمى الحمصى أو المترسبات من زيوت التزليق أو غيرها من المتبقيات الثقيلة، ويبين لنا شكل (٣-١٩) واحدا من ذلك الطراز، ويلاحظ أنه ليس بها صمامات للشفط ويتم تدفق المتبقيات المطلوب ضخها فى قادوس أو قمع بالجاذبية الى داخل المضخة خلال فتحة للدخول يتم تغطيتها أو تعريتها بكباس المضخة وهو من نوع الدافعة الصماء، فعندما يتحرك الكباس الى أقصى اليسار فى شوطه الداخلى تتدفق المتبقيات الى الأسطوانة، وعندما يتحرك الكباس الى اليمين يدفع أمامه الطمى إلى الجانب الأيمن للأسطوانة ثم للخارج خلال صمام التصريف المتسع ويتبع نفس الشئ فى الأسطوانة اليسرى وهكذا .



شكل ٣ - ١٩ : مضخة ترددية بدون صمامات شفط

٦ - أجزاء بالية (متآكلة) :

وأهم الاجـزاء التى تؤثر فـى أداء المضـخـة هى الصـمـامـات البـالية أو حشـو (جلاند) عمـود الكباس أو حلقات الكباس ذاته، وتتعرض تلك الأجزاء للتآكل والنحـر بفعل المواد الحاكة أو النقر الايدرولى أو تأثـير السـوائل التى يتم ضـخـهـا ، كـذلك قـد تنكسـر النوابـض (اليـايات) الحـاكـمـة لعـمل الصمامات فتتلف تأثيرها .

(ب) المضخة تقصر الاشواط :

- البـخـار المحـتبـس فى الأسطوانة بعـد غلق صـمــام العـادم زائد عن اللـزوم.
- خطأ فى اختيار نوع زيت التزليق (التزييت) المناسب .
- وجود غاز أو هـواء فى ناحية السائل .
- اختلال فى ضبط الوضـع للصـمامات .
- وجود اكتاف فى جلبة اسطوانة البخار .
- الحشـو على أعمدة الكباسـات زائد الرباط .

(جـ) الكباس يطرق رأس الاسطوانة :

- زيادة الحركة الضائعة (المفقودة) .
- صمامات المعادلة أو التلطيف للبخار تحتاج للضبط .
- تهريب من تآكل حلقات الكباس .
- وجود تسـرب فى صمامات السائل .

(د) انخفاض ضغط التصريف (الطرد) :

- انخفاض فى ضغط البخار .
- حشـو (الجلاند) طرف السائل وطرف البخار زائد الرباط .
- ارتفاع فى الضـغط المرتد .
- تآكل الحلقات أو الصمامات .

(أ) المضخة لا تقوم بالتصريف :

يكون السبب فى هذا الخلل أحد الأعطال التالية :

١ - رفع الشفط عالٍ جداً (عمود السحب) :

لا ينبغى أن يزيد رفع المضخة عند مستوى البحر عن ٧ أمتار (حوالى ٥٠ سم زئبق تفريغ) ويمكننا التحقق من قيمة الرفع بتوصيل مقياس ضغط تفريغ على مدخل شفط سحب المضخة، فاذا كان رفع الشفط (عمود السحب) أزيد من المقرر فلابد عندئذ أن نخفض منسوب المضخة أو نرفع منسوب الخزان إن أمكن ذلك ، وقد يؤدى طول خطوط الشفط إلى الزيادة فى رفع الشفط مما يؤثر على تشغيل المضخة .

٢ - المضخة فقدت تحضيرها :

ويجب فى هذه الحالة أن نملأ خط الشفط فوق صمام القدم بالسائل، مع فتح كل منفسات الهواء على خط التصريف (الطرد) حتى تتخلص المضخة والمواسير من الهواء .

٣ - تنفيس هواء فى خطوط الشفط (السحب) :

ويمكن الكشف عن التنفيس وتحديد موضعه بضغط الشفط ومراقبة التسرب منها .

٤ - تكون بخار فى خط الشفط :

قد يقل الضغط الواقع على سائل ساخن لدرجة أن يبدأ السائل فى الغليان عند درجات حرارة منخفضة نسبيا ، لذا يلزم فى هذه الحالة أن نراجع ضغط التفريغ الواقع على السائل، ومقارنته بضغط الغليان عند درجة الحرارة المحددة .

٥ - وجود عائق فى خط الشفط :

يحتمل انسداد المصفاة على خط الشفط أو زرجنة فى صمام القدم بسبب تراكم القشور أو الصدأ أو النفايات .. الخ .

الباب الرابع

المضخات الدورانية

نستعرض فى هذا الباب خصائص المضـخات الدورانية مثل مضخات التـروس المستقيمة أو الحلزونية ، ونبين اعتبارات السائل المحصور بين التروس ، كما نشرح فكرة عمل المضخات الدورانية متغيرة الإزاحة بالكباسات القطرية أو بالكباسات المحورية ونوضح طريقة التشغيل على التوالى أو التوازى للمضخات الدوارة .

وأخيراً نستعرض أسلوب تتبع الخلل والأعطال وطريقة علاجها .

(هـ) تراوح (تقلب) فى ضغط التصريف (الطرد) :

- السرعة زائدة عن المقنن (المقدر) .
- حشو (الجلاند) زائد الرباط .
- اختلال فى تحضير المضخة .
- اختلال فى استقامة المضخة .
- زيادة رفع الشفط (السحب) أو وجود هواء فى خط الشفط .

(و) زيادة سرعة المضخة :

- وجود خلل أو عطل فى خط الشفط .
- تآكل حشو الكباس من ناحية السائل .

(ل) نحر (تآكل) شديد فى الحشو (الباكنج) :

- عيوب فى عمود الكباس مثل عدم الاستقامة أو انحنائه أو وجود تآكل (بيضاوى) فى العمود .

(ز) زيادة القدرة الموردة (قدرة الدخل) :

- وتنشأ نتيجة ارتفاع ضغط التصريف ، وربما يتسبب فى زيادة القدرة الموردة غلق المحابس ، أو زيادة الاحتكاك فى خطوط التصريف ، أو زيادة طولها ، كذلك زيادة لزوجة السائل المستخدم.

(ح) اهتزازات فى خطوط المواسير :

- مقطع مقاس مواسير التصريف أو مواسير الشفط أقل من المقطع (المقاس اللازم .

(ط) ضوضاء فى ناحية السائل :

- زيادة رفع الشفط .
- اختلاط الغاز مع السائل بسبب التنفيس (التفويت) .
- عيوب فى الصمامات .
- سرعة المضخة زائدة عن الحد .

الباب الرابع
المضخات الدورانية

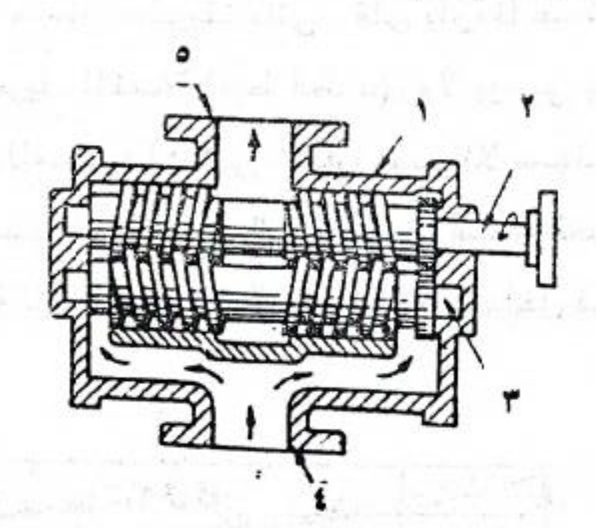
نستعرض فى هذا الباب خصائص المضـخات الدورانية مثل مضـخات التـروس المستـقيـمة أو الحلـزونيـة ، ونبين اعتـبارات السـائل المحصـور بين التـروس ، كمـا نشـرح فكرة عـمـل المضـخـات الدورانيـة متـغيـرة الإزاحـة بالكبـاسات القطرية أو بالكبـاسات المحـورية ونوضح طريقة التـشـغيل على التوالى أو التوازى للمضـخات الدوارة .

وأخيراً نستعرض أسلوب تتبع الخلل والأعطال وطريقة علاجها .

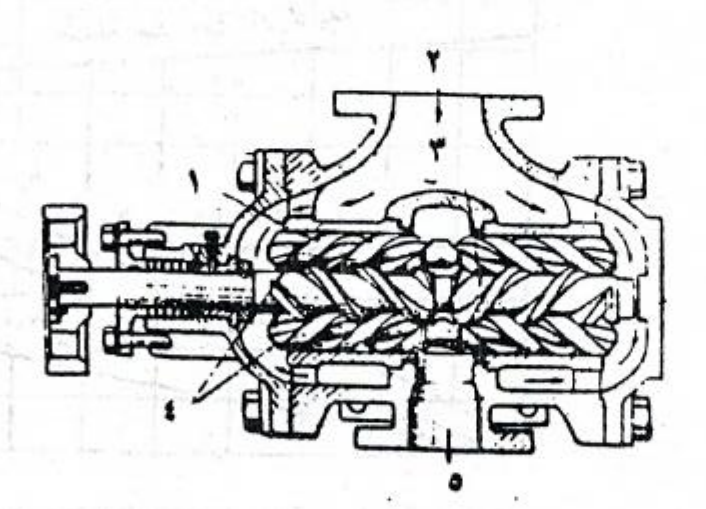
٤ ـ ١ عــــام :

يراعى أن المضـــخـات الدوارة لهـا من الملامح التكوينية مـا يجعلـها مناسبة للكثير من التطبيقات .

وبالرغم من أنها تتشـابه فى منظرها الخارجى مع المضـخة المركـزية إلا أن خصائص تشغيلها أقـرب الى المضـخة الترددية . فكلاهما ذواتى ازاحة موجبة ، وتجـمع المضخات الدوارة بين خصائص المضخـة المركزية من جهة ثبوت التصريف مع ملامح ايجابية الإزاحة التى للمضخـة الترددية ، وبينما يكون التصريف من المضـخة التـرددية نبضـيا (متـراوحا) يكون تصـريف أغلب المضـخـات الـدوارة ثابتـا، وفـيـمـا يلى توضـيـح لأهـم أنواع المضـخـات الدوارة وتصـنيفاتها :



أ ـ مضخة بحلزونين
١ : القراب
٢ : عمود التدوير
٣ : عمود مدار
٤ : ماسورة السحب
٥ : ملسورة الطرد



ب ـ مضخة بثلاث حلزونات
١ : جلبة العضو الدوار
٢ : السحب
٣ : العضو الدوار
٤ : العضو المدار
٥ : الطرد (التصريف)

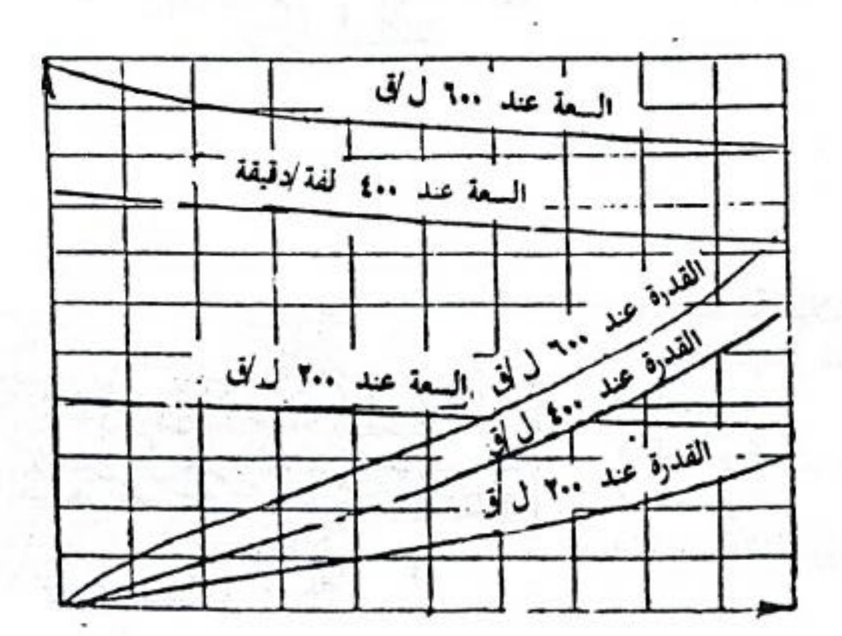
شكل ٤ ـ ١ : مضخة دورانية من طراز تروس البريمة

٤ ـ ٢ مضخة الترس المستقيم

يجرى تصميم هذه المضخة لسرعات لا تزيد عن ٦٠٠ لفة/ق ، ولضغوط لا تتعدى ١٠٠ بار وتتفاوت سعتها من كميات ضئيلة إلى ٥٠٠ لتر/ق ، ويمكن ترتيبها من حيث نوعية الإدارة من إدارة مباشرة أو إدارة غير مباشرة عن طريق صندوق تروس أو سيور إدارة ، كما يمكن انتاجها بصمام تصريف ذاتى داخل المضخة أو بدون هذا الصمام (شكل ١ـ٨) الباب الأول .

وصمام التصريف الذاتى يقوم بتمرير السائل من جانب الطرد إلى جانب الشفط وذلك لحماية المضخة وأجزائها من زيادة ضغط التصريف .

فإذا كان للمضخة صمام تصريف ذاتى ، فلن يلزمنا عندئذ تركيب صمام أمان على خط تصريف المضخة (خط الطرد) ، ولا يوصى باستخدام ممر التصريف الداخلى للمضخات التى تتداول سوائلا سهلة التطاير (غازية التكوين) اذ يتسبب فعل عصر السائل بين أسنان التروس إلى أطلاق غاز السائل (نتيجة لزيادة ضغطه) الذى يتراكم ويتداخل فى سلامة تشغيل المضخة .



شكل ٤ ـ ٢ : المنحنيات الخصائصية لمضخة دوارة

ويبين شكل (٤ ـ ٢) المنحنيات الخصائصية، وهى تبين العلاقة بين السعة والضغط والقدرة المطلوبة لأحد أنواع هذه المضخات التى تتداول زيوتا ثقيلة، فاذا استخدمت تلك المضخة لزيوت أخف تقل سعة المضخة لحد ما ، بسبب زيادة التفويت ، كما يزيد التفويت كلما ازداد ضغط الطرد.

٤ـ٣ مضخات الإزاحة الحلزونية (البريمية) :

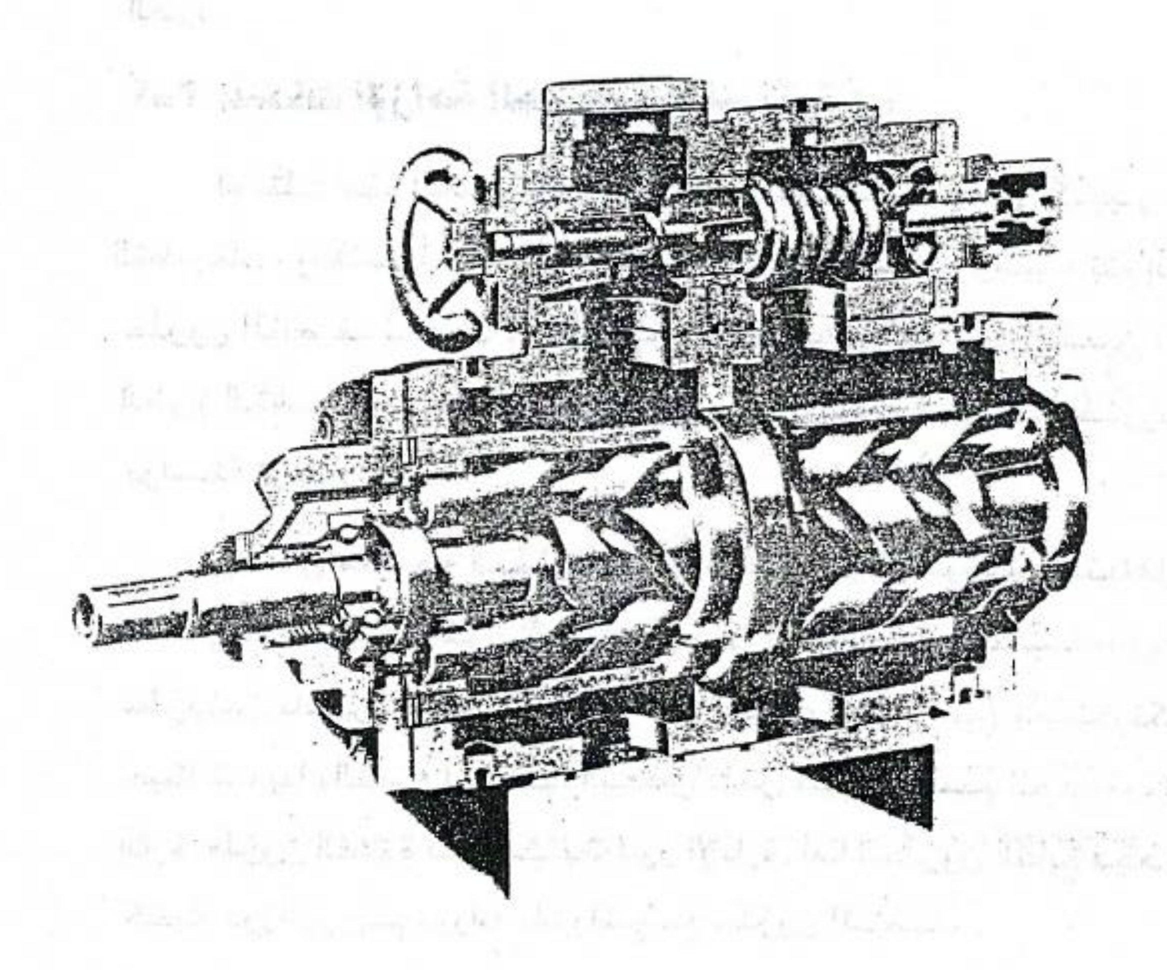
احتلت هذه المضخات مكان المضخات الترددية فى كثير من التطبيقات، وتنقسم أساسا إلى طرازين، الحلزون الثلاثى وفيه تتم إدارة حلزون المنتصف فحسب بحيث يكون الحلزونيين الخارجيين تابعين ، أما الطراز الثانى فهو طراز الحلزونين ويتم فيه إدارة كل من الحلزونين بواسطة تروس توقيت .

وتعمل مضخة الحلزونات الثلاثة على مبدأ التواشج (التداخل) الثلاثى للحلزونات المتوازنة ديناميا، حلزون القدرة فى المنتصف، ويدير حلزونين تابعين، ويتم تشكيل أسنان الحلزون (اللولب) بحيث تكون حبكا شديدا بالنسبة لبعضها البعض داخل تجويف جسم المضخة، وتتم إدارة حلزون القدرة فحسب بموتور الإدارة، أما الحلزون التابع فيعمل كحبك دورانى ويتم دورانه بالتواشج مع حلزون المنتصف .

وينتج عن دوران الحلزونات خلق غرفة محبوكة فى الجسم تتحرك محوريا خلال التجويف المخصص لها، وينتج عن ذلك ضغط منخفض عند طرف السحب وضغط مرتفع عند جانب الطرد (التصريف):

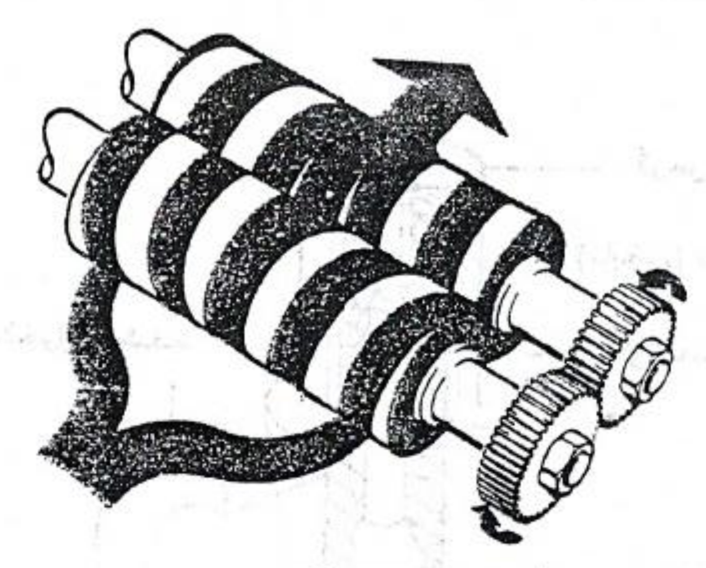
ولما كانت المضخة الحلزونية من طراز موجب الإزاحة، فإن الضغط بها سوف يوالى ارتفاعه ليتخطى أى ضغط واقع أمامه من المنظومة (فى خطوط الطرد)، ويراعى أن زيادة ضغط الطرد قد تؤدى إلى زيادة التفويت (التسريب) من الحوابك بين جسم المضخة وعمود الدوران، ويمكن نظرياً

أن يتساوى تصريف المضخة (الإزاحة) مع كمية التفويت (التسريب) وتفشل المضخة فى توريد أى سائل، وحتى يصبح أداء المضخة مرضيا فى الظروف العملية، فلابد أن يقل هذا التفويت (التسريب) بزيادة الحواكم لمنعه، خصوصا عند ضخ سوائل منخفضة اللزوجة .



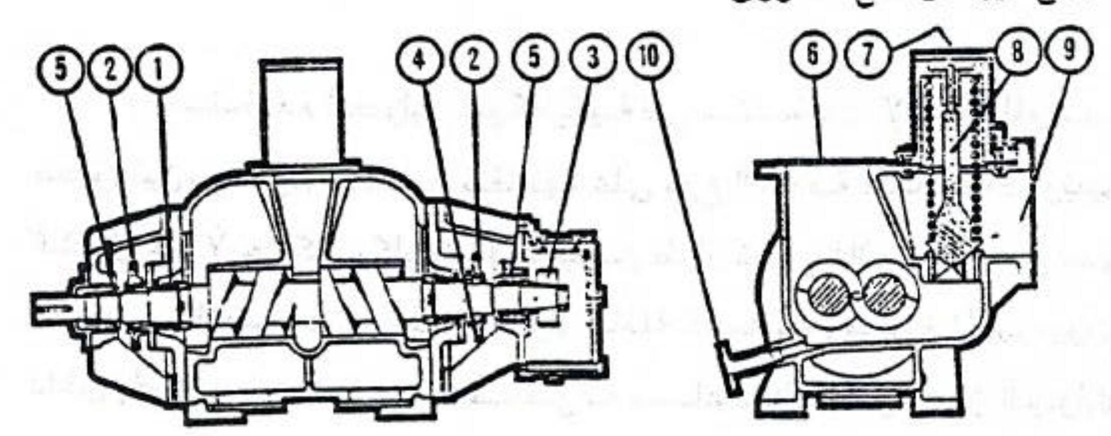
شكل ٤ ـ ٣ : مضخة إزاحة موجبة ثلاثية الحلزون (البريمة)

ويبين شكل ٤ ـ ٣ مضخة إزاحة موجبة نمطية بثلاثة حلزونات ولابد فى هذا الطراز من تزويد صمام تهوية الضغط متكاملاً مع المضخة، وذلك حتى لا يتسبب تفاقم الضغط بداخلها إلى تجاوز التيار المقنن أو القدرة المقننة للمضخة أو يتسبب فى إتلاف القراب وجسم المضخة .



شكل ٤ ـ ٤ : فكرة عمل مضخة الحلزونين (البريمتين)

ويراعى فى مضـخة الإزاحة الموجبة بحلـزونين (شكل ٤ـ٤) أن تأثير الفتح يتم بواسطة بريمتين متواشـجتين (متداخلتين) داخل قراب المضـخة، وتكون حركة كل ترس منهما معاكسة للترس الآخر، ويتم تحميل كل من العـمودين المقـرونين بالتـرسين على محـامل كروية فى مبـايت بعيـدة عن غرفة الضـخ، ويتم سـحب السـائل من طرفى المضـخة، بينما يكون الطرد من منتصفها، ونجد أن هذا التنظيم يحقـق للمضـخة توازنا ايدروليا سليما ولا يقع فيها أى دفع محورى .



١ـ حابك ميكانيكى أساسى ٢ـ حوابك مساعدة للحابك الرئيسى

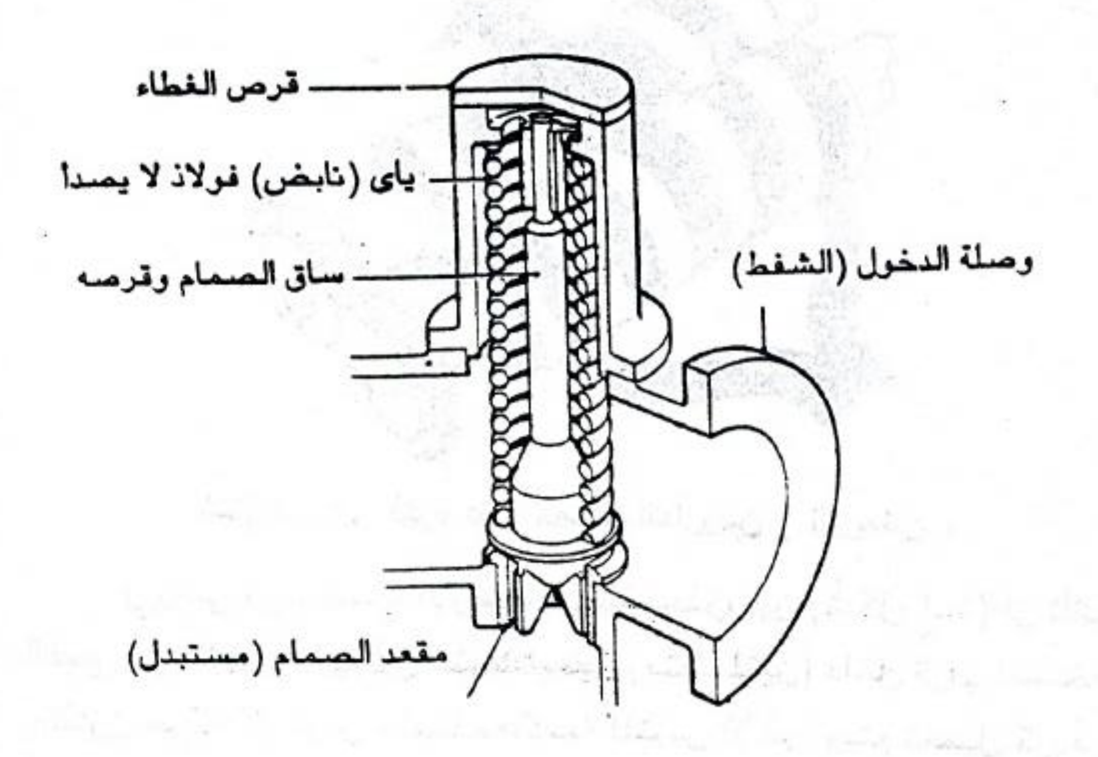
٣ـ تروس التوقيت ٤ـ وصلة بيان التفويت (التسريب)

٥ـ حابك إضافى للمحامل (الكراسى) ٦ـ فرع الطرد

٧ـ غطاء متساطح ٨ـ صمام التهوية فى فرع السحب

٩ـ فرع السحب ١٠ـ ماسورة ومحبس تصفية

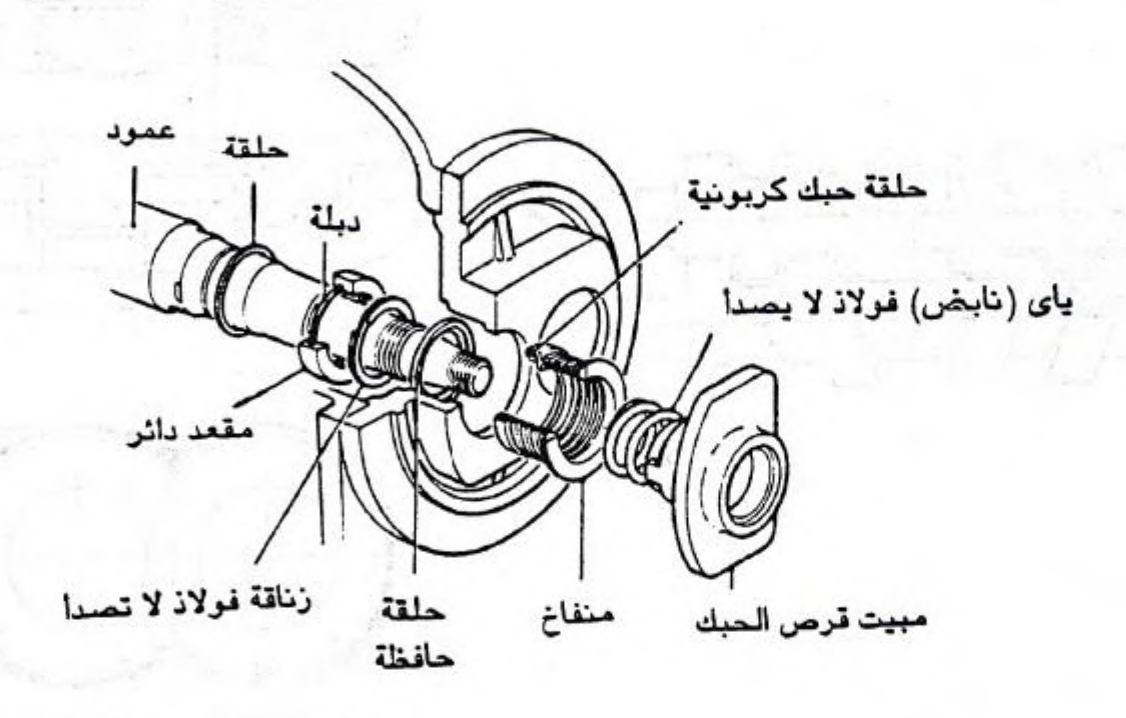
شكل ٤ـ٥ : مضخة إزاحة موجبة بحلزونين (لولبين)



شكل ٤ـ٦ : ترتيب لصمام تهوية الضغط

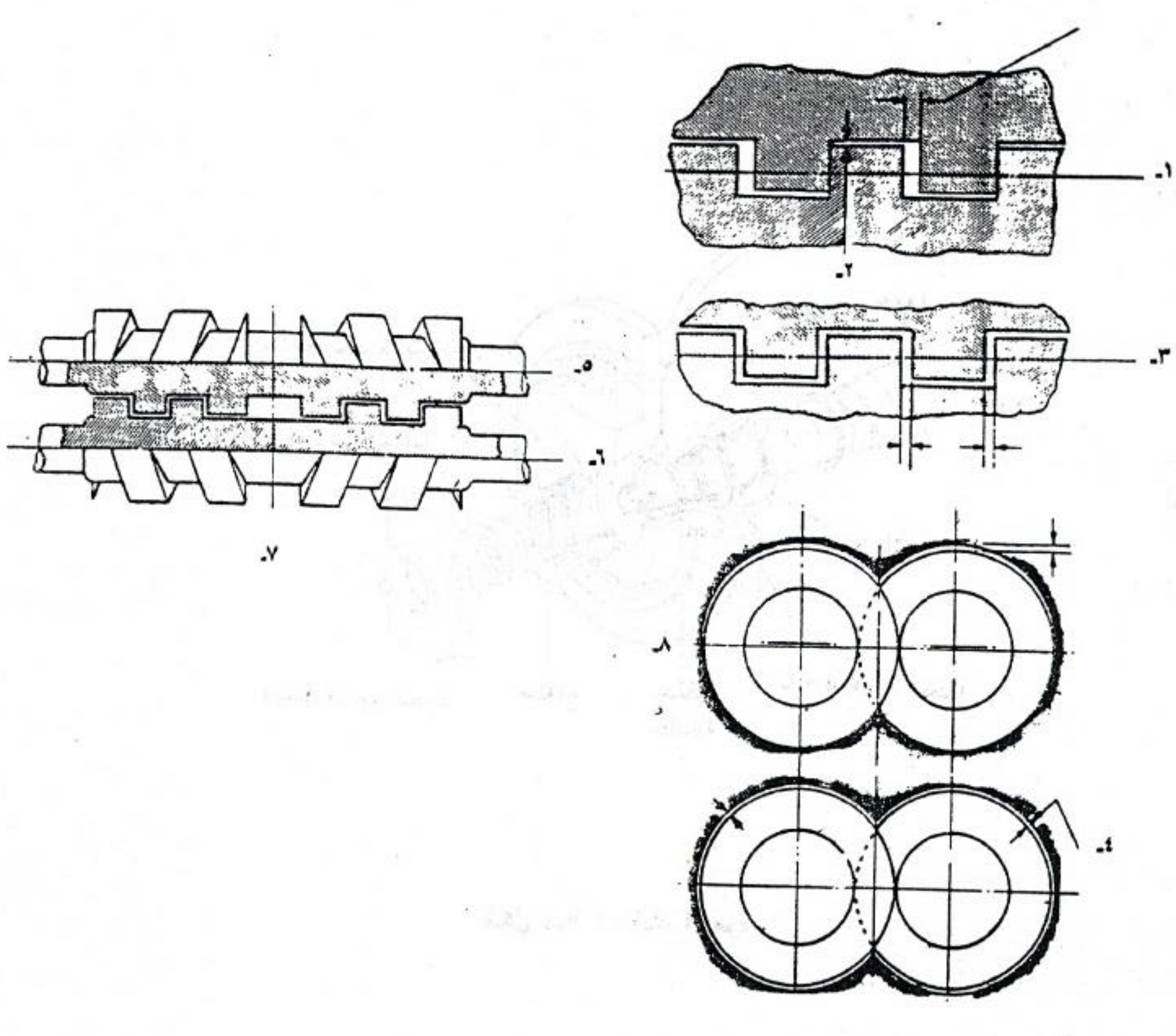
وتستخدم الحوابك الميكانيكية فى مضخات الإزاحة الموجبة بحلزونين، وسوف تعتمد كفاءتها على نوع الخدمة المقصودة، ويبين الشكل ٤ ـ ٧ حابكا ميكانيكيا قياسياً من طراز نمطى للاستخدام مع مدى متسع من المضخات، ويتضمن مواد خاملة كيماويا، ومنفاخ (أكورديون) داخل ياى الحبك، كما يزود بمجموعة مساعدة (إضافية) من الحوابك بتصميم خاص، فتمنع الخلل فى حالات الطوارئ، وتزود بممر خاص لبيان حالات التفويت (التسريب) إذا وقع .

ولابد أن تكون استقامة المضخة بشكل صحيح وكذلك توقيت التروس حتى تعمل بكامل كفاءتها .



شكل ٤ـ٧ : حابك العمود

ويوضح الشكل ٤ـ٨ الطريقة السليمة لإجراء الاستقامة، كما يوضح الشكل ٤ـ٩ الأخطاء المحتملة عند إجراء الاستقامة وطريقة تصميها .



١ـ خط خطوة الحلزون ٢ـ خلوص الجذر

٣ـ خط خطوة الحلزون ٤ـ خلوص

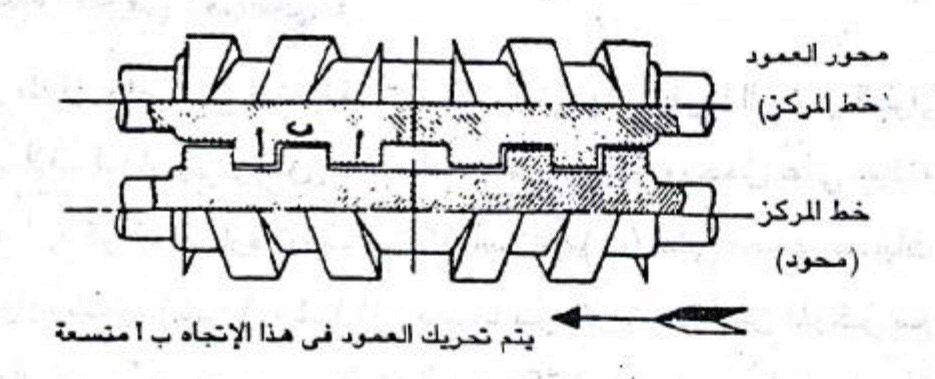
٥ـ خط مركز العمود ٦ـ خط العمود

٧ـ خط المنتصف (بين الحلزون الأيمن والحلزون الأيسر)

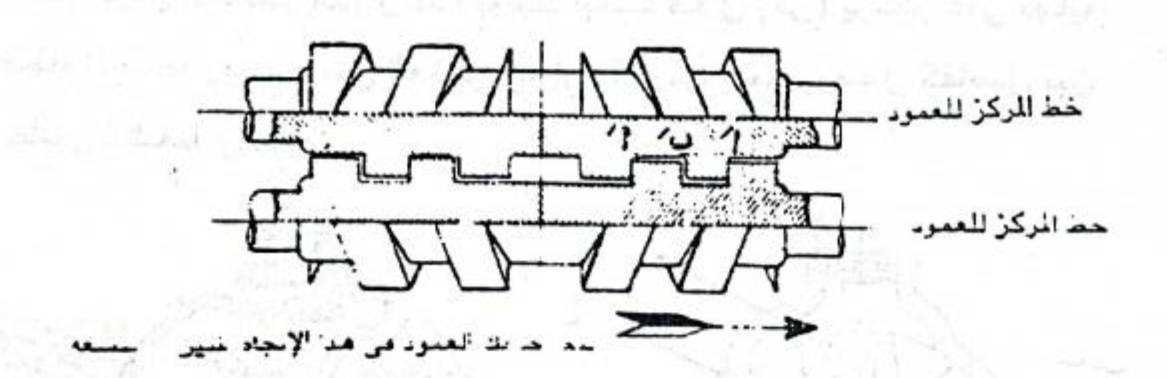
٨ـ الموضع الصحيح محوريا وقطريا لابد من تساوى الخلوصات أ، أَ، ب، بَ

شكل ٤ ـ ٨ : ضبط حبك الحلزونين

الاخطاء فى الموضع المحورى :

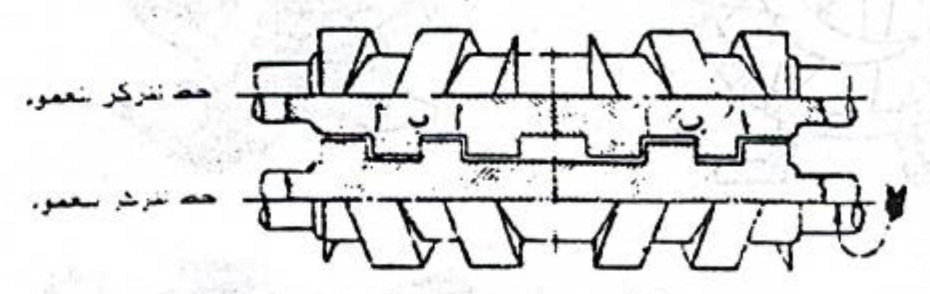


يتم تحريك العمود فى هذا الإتجاه ب ا متسعة



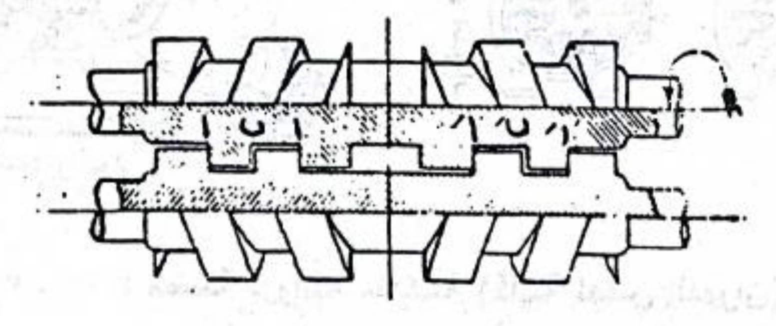
يتم تحريك العمود فى هذا الإتجاه غير متسعة

الاخطاء فى الموضع القطرى



يتم تحريك العمود فى هذا الإتجاه ا ـ ب متسعة

يدار العمود فى الاتجاه لليمين

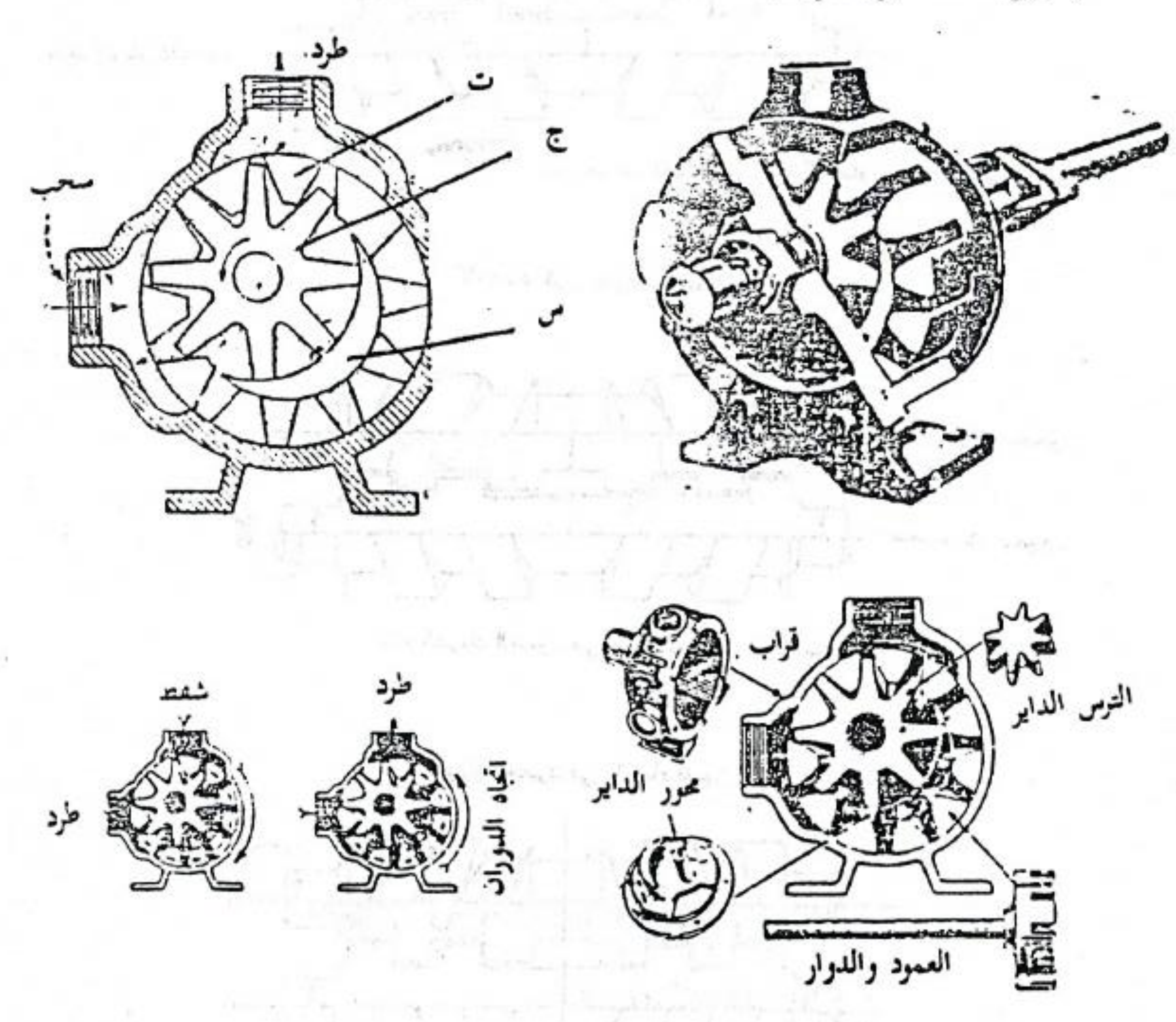


ب ب متسعة

شكل ٤ـ٩ : ضبط استقامة (محوريا ، قطريا) للحلزونين

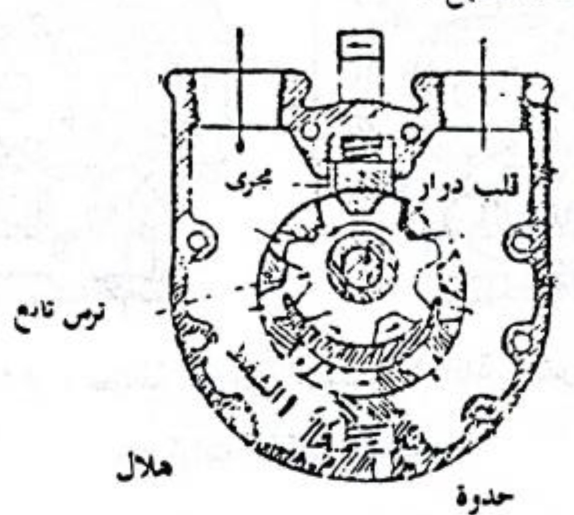
٤ - ٤ مضخة الترس الداخلى :

وهى طراز خاص فى المضخة الترسية والتى يدور فيها العضو الدوار فى داخل الغلاف الخارجى ويكون متحدا معه فى المركز ويحمل على حافته الخارجية ما يمكن اعتباره ترسا ترتكز أسنانه (ت) على احدى نهايات العضو الدوار، شكل (٤ـ١٠ ، ٤ـ١١)، بينما يرتكز بعيدا عن المركز مع العضو الدوار ترس أخر حر الحركة (ج) معشقا فيه ويتم دورانه بواسطة أسنان ترس العضو الدوار كما يوجد ايضا هلال (س) يرتكز على نهاية غطاء المضخة ويوجد بين العضو الدوار والترس الحر ويعمل كفاصل بين جانبى الشفط والطرد .



شكل ٤ - ١٠ : مضخة دورانية منعكسة (قابلة لعكس الدوران) مع ثبات الضغط والتصريف

وعند ادارة العضو الدوار فى اتجاه عكس عقارب الساعة ، شكل (٤-١٠) فإن أسنان الترس الوسيط (ج) تفرغ مكانها فى أسنان العضو الدوار كلما مر العضو الدوار على مدخل الشفط (السحب) لتخلق تفريغا مثل الذى يفعله كباس مضخة ترددية فى شوط الشفط (السحب) وتبعا لذلك يندفع السائل ليملأ الحيز بين أسنان التروس ، وعند استمرار دوران العضو الدوار ينحصر السائل بين الترسين والهلال والغلاف الخارجى . وبينما يستمر العضو الدوار فى الدوران فأنه يقوم بحمل السائل الموجود ويتم دفعه من خلال ممر التصريف نتيجة لتزايد الضغط الناتج من التصريف المتتابع .



شكل ٤ ـ ١١ مضخة ترس الداير الداخلى وبها تنظيم لتهوية الضغط

ويمكن أيضا تصميم هذه المضخات بصمام تصريف الضغط داخليا، شكل (٤ـ ١١)، ويتم فصل الشفط عن التصريف بحدوتين متزنتين ايدروليا، ولهاتين الحدوتين ثلاثة وظائف :

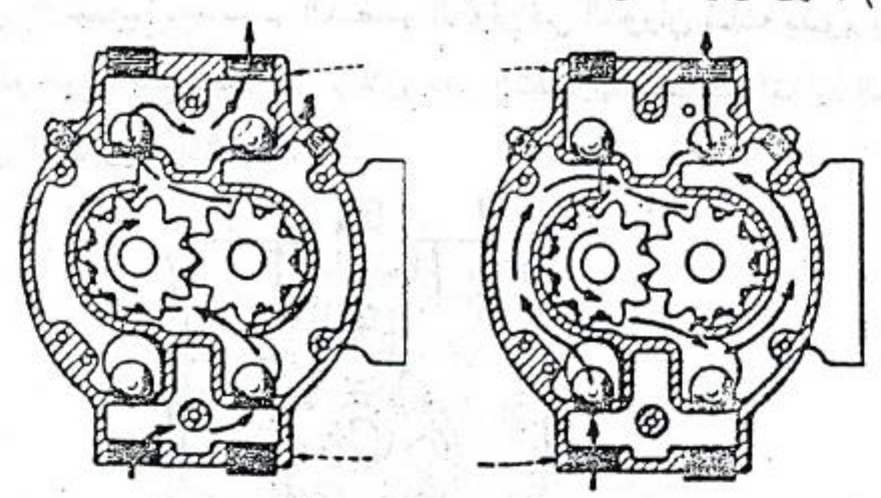
أولا : فهما يعملان كصمام تهوية وذلك برفع القرص الدوار عند تجاوز الضغط (ازدياد الضغط) .

ثانيا : فهما يسمحان بمرور الجسيمات الصغيرة والشوائب بدون اتلاف المبيت أو القراب (الغلاف) .

ثالثا : فهما يعوضان عن النحر (البرى) لمنع التسرب من التصريف إلى الشفط .

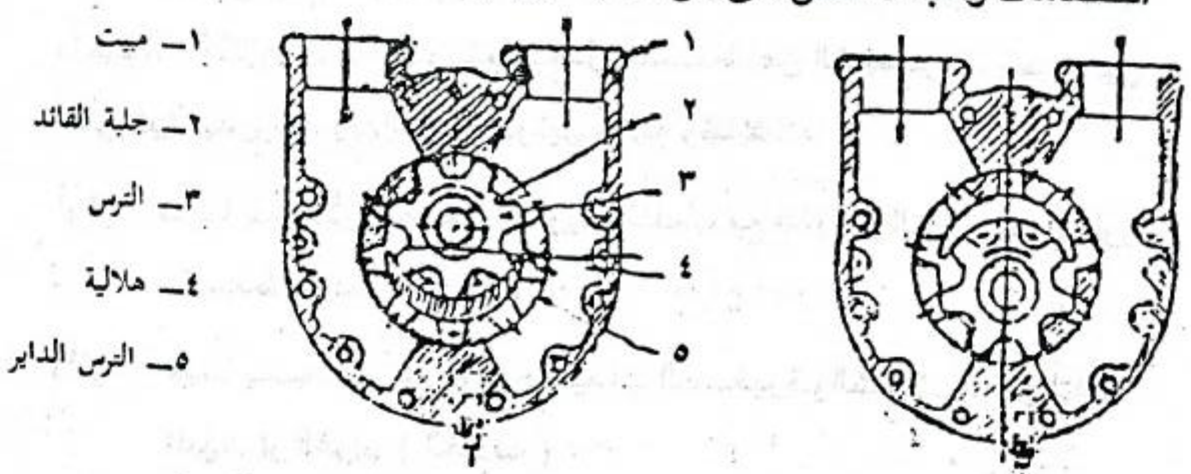
٤ ـ ٥ المضخات الدوارة من الطراز المنعكس :

وتستخدم لأغراض التبريد والتزييت وغيرها من الخدمات التى تتطلب التشغيل فى أى من الإتجاهين (مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة) بدون أن ينعكس الشفط والتصريف .



شكل ٤ ـ ١٢ : مضخة دورانية منعكسة (قابلة لعكس الدوران) مع ثبات الشفط والتصريف

ويبين شكل (٤ ـ ١٢) هذا الطراز من المضخات الدوارة ولها نظام من صمامات العكس مبيتة داخل (غلافها)، وتبين الاسهم تشغيل الصمامات واتجاه التدفق لأى من الاتجاهين فى الدوران .



شكل ٤ ـ ١٣ : مضخة ترس الداير الداخلى وقابلة لعكس الدوران

ويراعى أن مضخة الترس الداخلى ، شكل (٤ ـ ١٣) من الطراز منعكس بدون صمامات العكس، وتعمل هذه المضخة بنفس الطريقة المشروحة سابقا ولكن الهلال يدور ١٨٠ درجة ويأخذ الترس الحامل موضعا يسمح بذلك .

ويكون الهلال والترس الحامل (التابع) محمولين على جلبة لا متمركزة تسمح لهما أن ينعكسا فى موضعهما كمجموعة معا .

وتبين الاسهم اتجاه التدفق لكل من اتجاهى الدوران .

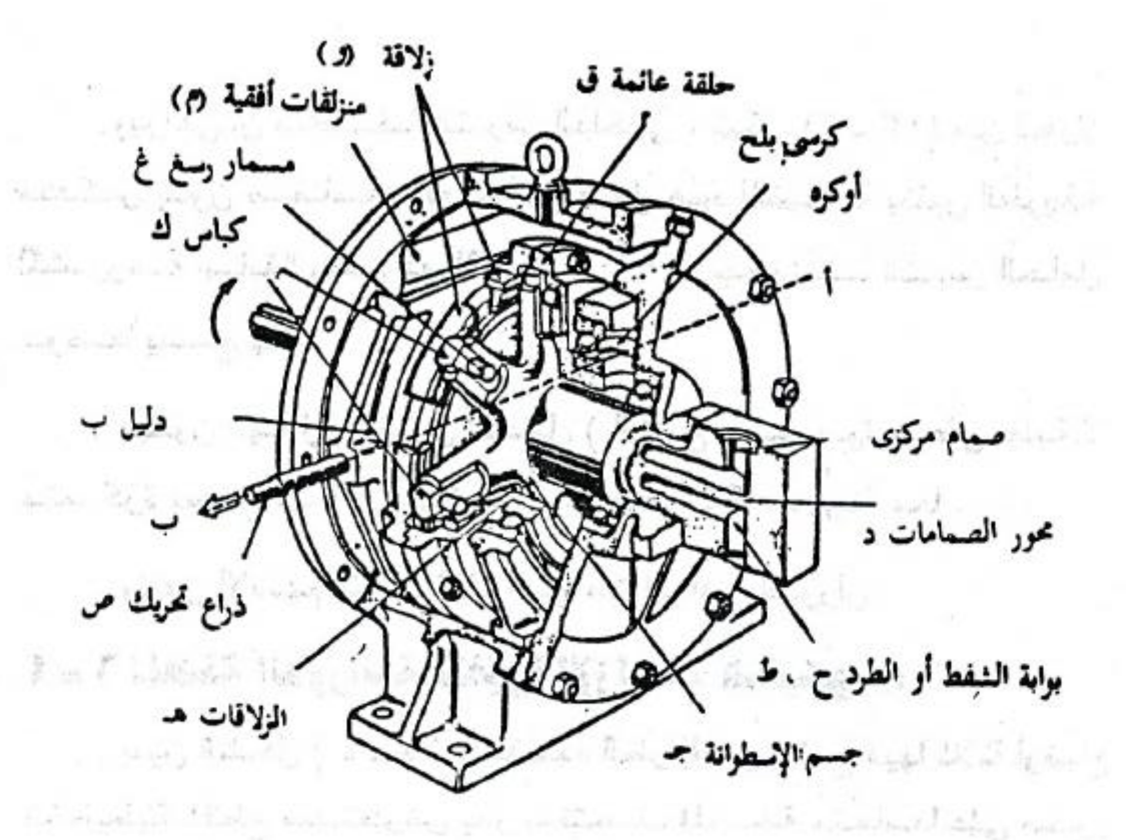
٤ ـ ٦ المضخة الدورانية متغيرة الإزاحة (هيليشو) :

يبين الشكل (٤ ـ ١٤) أحد هذه الطرازات ويتضح فيها ثلاثة أوضاع تخطيطية لمقطع مستعرض يمر بمنتصف المضخة متعامدا على محور عمود الدوران .

ويتم تغيير طول مشوار المضخة خلال الخط (أ ـ ب) .

ويلاحظ أن (جـ) هو جسم الاسطوانات ويتم بداخله تكوين عدد من الاسطوانات نصف قطرية ويتم قران (ربط) جسم الاسطوانات وادارته مباشرة بواسطة المحرك المخصص لذلك، وعادة ما يكون موتورا كهربيا .

ويوضع صمام مركزى ثابت (د) بحيث يدور عليه جسم الاسطوانات، ويوجد به فتحات الشفط النصف قطرية بكباسات (ك) ويوجد بكل منها مسمار رسغ (غ) ومتوازيا مع محور الصمام (د)، ويوجد على كل مسمار رسغ زلاقة (و) تتحرك فى محز حلقى (مجرى خاصة) بحيث تتسبب فى دوران مركز مسامير الرسغ فى مسار دائرى (هـ) ويمكن تغيير هذا المسار بتحريك مركزه على الخط (أ ـ ب) .



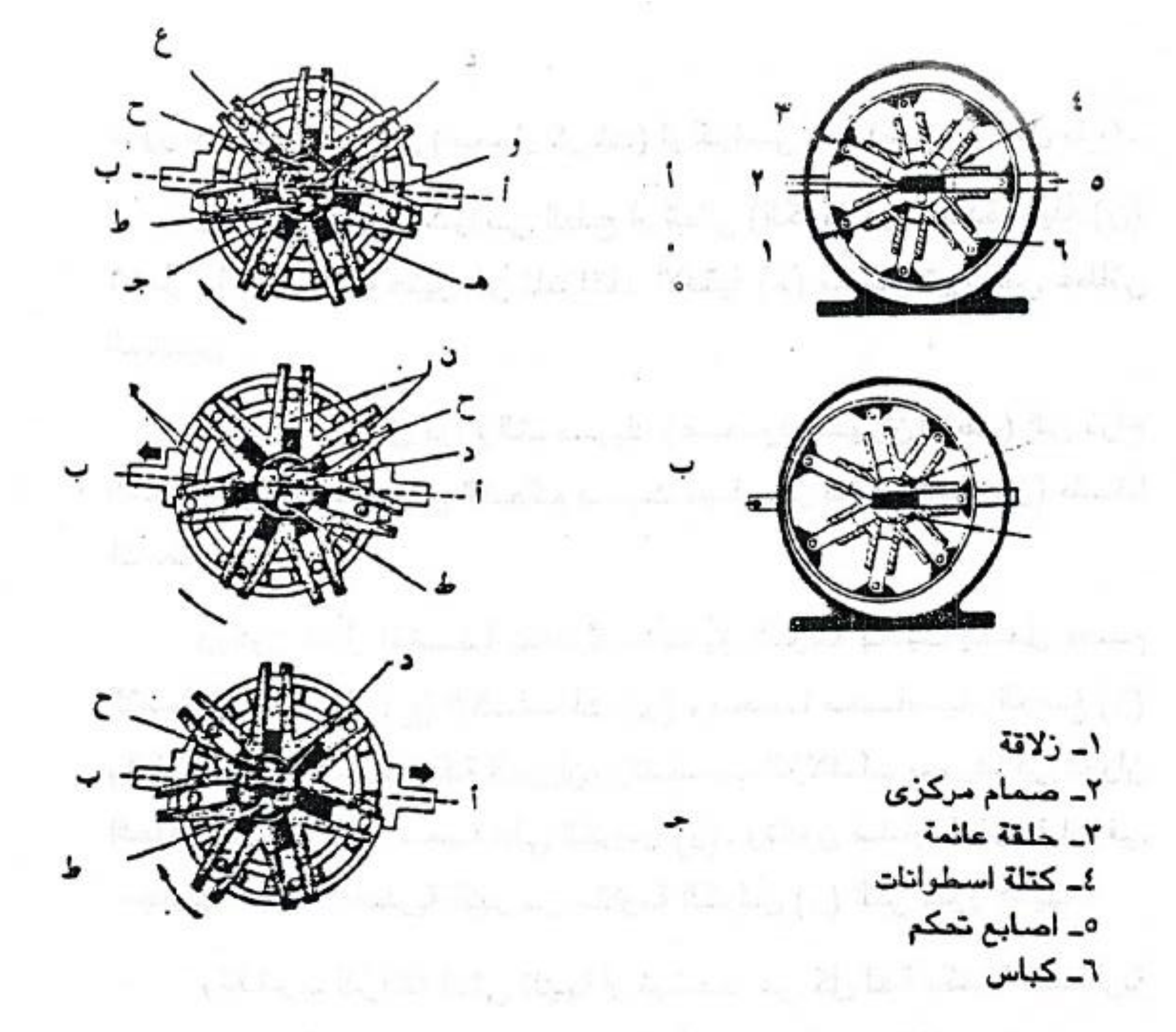
شكل ٤ ـ ١٤ : المضخة الدورانية متغيرة الإزاحة (هيليشو)

ولنفرض أن جسم الاسطوانات يدور فى اتجاه الأسهم وأن موضع المسار الدائرى (هـ) بحيث يتطابق مركزه مع مركز الصمام (د) كما هو موضح فى الشكل (٤ ـ ١٥ أ) وعندئذ فلن تتحرك الكباسات أى حركة نصف قطرية .

فاذا تحرك المسار الدائرى (هـ) إلى اليسار كما هو فى الشكل (ب) فسوف نجد أن الكباسات فى حركتها تبتعد عن الصمام (د) فوق الخط أ ـ ب. لشفط السائل خلال الفتحة (ح) بينما تقترب الكباسات تحت الخط أ ـ ب من الصمام (د) لتضخ السائل خلال الفتحة (ط) .

فاذا كانت حركة المسار الدائرى الى اليمين كما فى الشكل (جـ) فسوف تقترب الكباسات التى فوق الخط أ ـ ب فى حركتها من الصمام (د) بحيث تصبح الفتحة (ح) هى التصريف (الطرد)، وتكون الفتحة (ط) هى الشفط .

وبذلك ينعكس تدفق السائل من (ط) الى (ح) بدون أن تعكس اتجاه دوران المضخة أو الموتور المقرون بها .



شكل ٤ ـ ١٥ : مختلف أوضاع تشغيل مضخة هيليشو

وفى حركة اسطوانات الكباسات من موضع أقصى تصريف (طرد) عند أحد الجوانب إلى نفس الموضع على الجانب الآخر، فلابد أن يتناقص التصريف تدريجيا إلى أن يصل المسار إلى موضع مركزى فينقطع التصريف، ليبدأ بعدها من جديد فى الزيادة إلى أقصى تصريف ولكن فى الإتجاه المضاد، ولن يصحب هذا التغيير من أقصى التصريف فى اتجاه إلى أقصى تصريف فى الإتجاه المضاد أى صدمات .

ونجد أن الزلاقات (و) تجتاز كافة سطح المسار (هـ) مرة كل لفة من دوران جسم الاسطوانات، وسوف تكون مقاومتها فى السرعات العالية شديدة للغاية حتى وإن كانت مغمورة بزيت التزييت .

وحتى يتم تقليل هذه المقاومة لأقل مدى ممكن، وبالتالى زيادة كفاءة المضخة فيتم تصميم المسار (هـ) للزلاقات كجزء من حلقة عائمة (ق)

تدور على كراسى بلى (محمل كريات) أو كراسى بلح (س) (محمل بلح).

ويجرى تثبيت كراسى البلح أو البلى (الكرة) فى وحدة دليله (ن) تعمل ما بين مجموعتين من المنزلقات الأفقية (م) مصبوبتين على غطائى الجانبين .

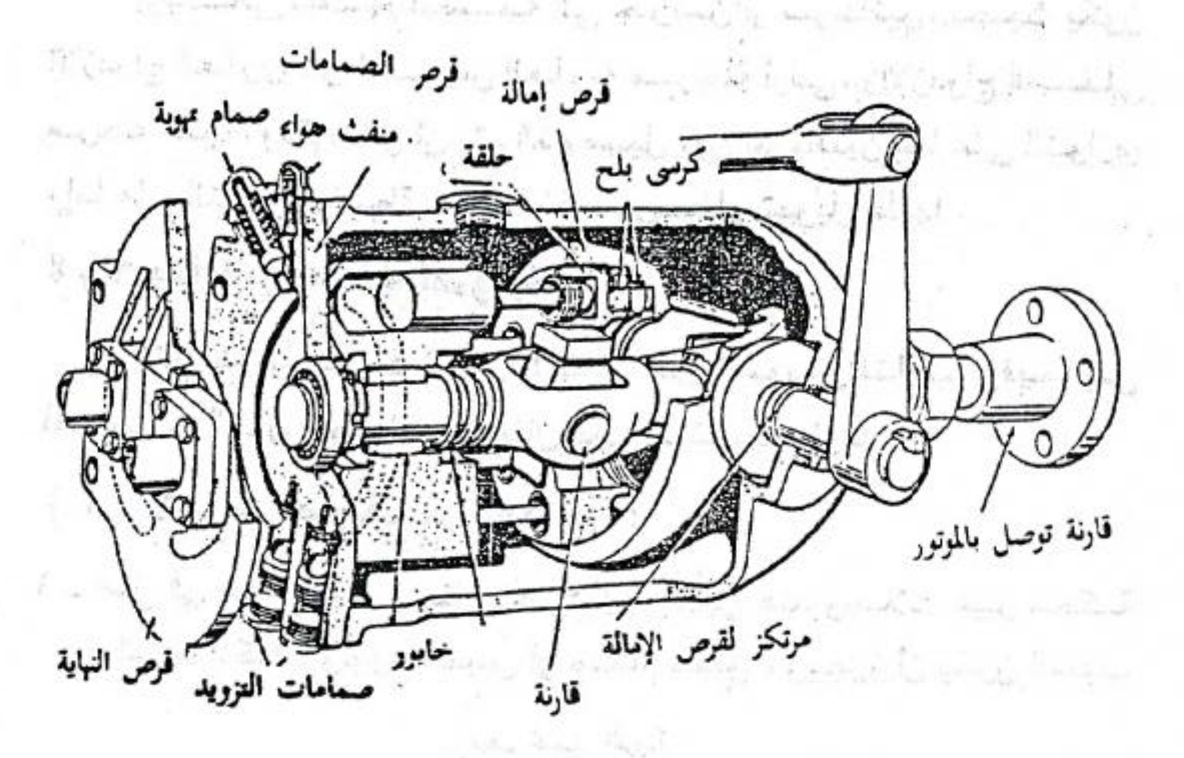
ويتم توصيل ذراع التحريك (عمود الدوران) (ص) إلى ذراع التشغيل عند موضع التحكم بحيث تجذب أو تدفع الدليل (ن) طبقا للمطلوب .

ويكون فعل المضخة تماما كما سبق شرحه بحيث يحمل جسم الاسطوانات الدوار (ج) الكباسات (ى) ومعها مسامير الرسغ (ز) والزلاقات (و) فى حركة الدوران، وتتسبب الزلاقات بدورها فى دوران الحلقة العائمة (ق) معها على الكراس (ر)، وتكون مقاومة الزلاقات فى مجاريها نصف القطرية أكبر من مقاومة الكراس (ر) التى تدور عليها .

وتقترب الزلاقة التى تليها أو تبتعد فى كل لفة بكمية مساوية لشوط المضخة، ولن يكون هناك حركة نسبية فى وضع اللاشوط، وتصنع الحلقة العائمة على شكل برميل وتحتفظ بالزيت المتسرب من خلال الكباسات نتيجة للقوة الطاردة المركزية لتزييت الزلاقات ومسامير الرسغ، وجميع لجزاء المضخة بسيطة الانتاج ولا تحتاج للدقة الزائدة إلا فى خرط الاسطوانات التى تتحرك الكباسات بداخلها، وباستخدام الزيت كوسيلة للتشغيل يتم تزييت كافة أجزاء المضخة الداخلية بدقة، ولن تتعرض للبرى أو التآكل إلا فى أضيق الحدود .

٤ ـ ٧ المضخة الدواره بالكباسات المحورية :

تحتوى هذه المضخة على كتلة اسطوانات دواره تحمل بداخلها الكباسات فى موضع أفقى أى أن تكون محاور هذه الكباسات موازية لمحور الدوران، شكل (٤ ـ ١٦) .



شكل ٤ ـ ١٦ : المضخة الدوارة بالكباسات المحورية

وتتحقق الحركة الترددية للكباسات عن طريق تغيير زاوية قرص امالة وهو القرص الذى تتصل به محاور أذرع الكباسات، وبالتالى يمكن زيادة أو نقصان المشوار المسموح للكباسات عند دوران المضخة .

وينتج عن ذلك امكانية تغيير الطرد فى أى من الاتجاهين بتحريك قرص الامالة، أى تغيير زاويته بالنسبة للمحور الرأسى سواء للامام أو للخلف.

وتحتفظ بالمجموعة بأكملها ممتلئة بالسائل المضخوخ (زيت فى الغالب) مع وجود صهريج متصل بالدائرة .

٤ ـ ٨ المضخات الدوارة بالتشغيل على التوالى أو التوازى :

تستخدم التربينات البخارية أحيانا فى تشغيل المضخات الدوارة من هذا الطراز كما هو مبين فى الشكل (٤ ـ ١٧) .

ونجد فيها الاعضاء الدوارة للعجلة المسننة من الطراز المزدوج اللولبى بحيث يفصل بينهما محمل (كرسى) متوسط ، ويكون هذا المحمل موجودا على عمود الدوران .

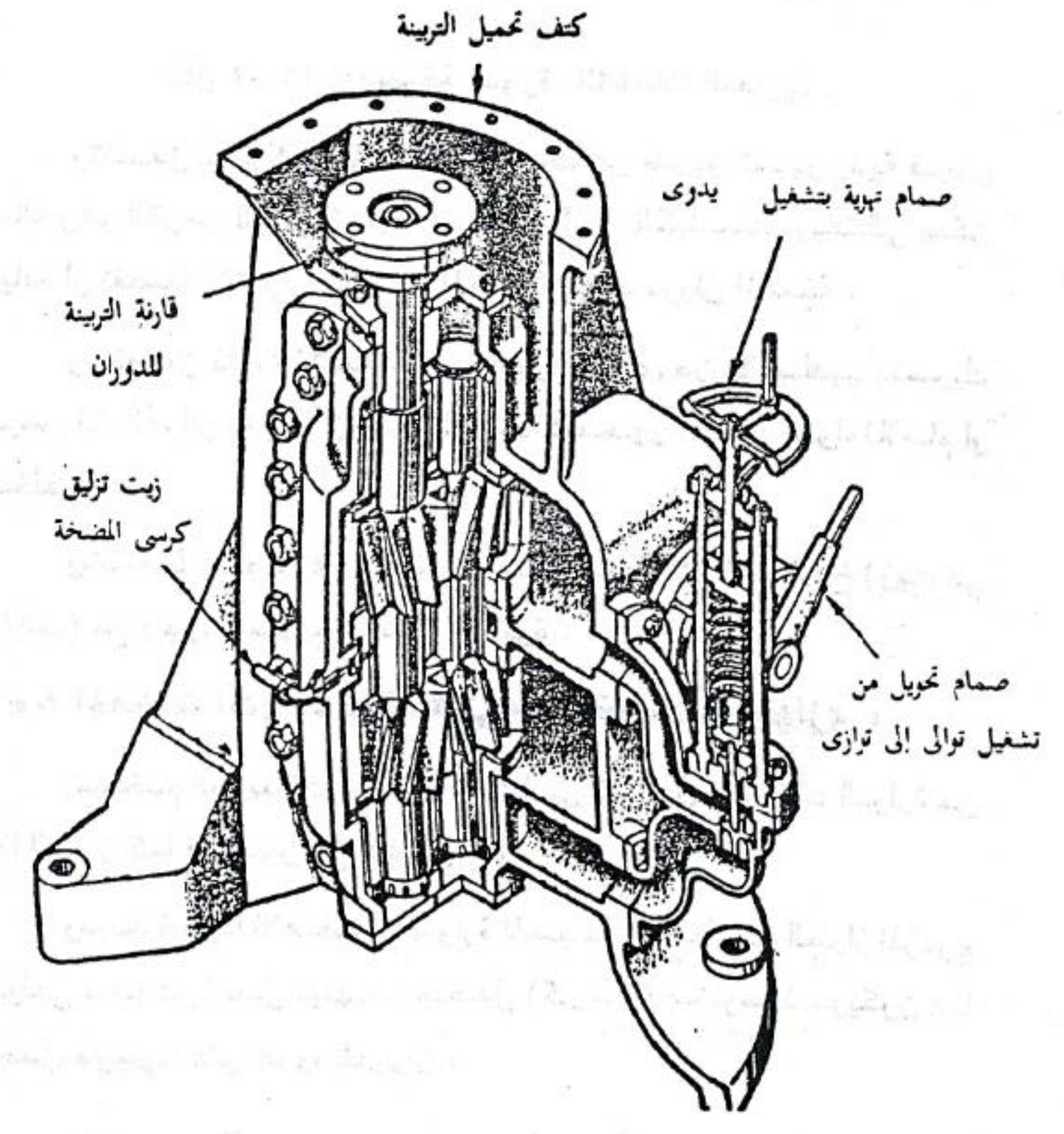
وبالتـالى تنقسم المضـخـة الى جـزئين أو مـرحلتين، بحـيث يكون الازدواج العلوى من التـروس العلوية مـرحلة أولى، والازدواج السـفلى مـرحلة ثانية، وبالإمكان أن يتم التوصيل بين المرحلتين إما على التوازى وإما على التوالى بواسطة ممرات خاصة وصمام تحويل عليها .

٤ - ٩ متاعب المضخات الدوارة :

تتعرض المضخات الدوارة للكثير من العيوب والمتاعب، وفيما يلى أهم حالات الخلل المحتملة والأعطال التى قد تتسبب فيها :

(أ) لا يوجد تصريف من المضخة :

١ - خلل فى خط الشفط : مثل تنفيث الهواء من عند وصلات غير محكمة الرباط، كذلك وجود محبس أو صمام مغلق ، ويجوز أن يكون السبب



شكل ٤ - ١٧ : مضخة دورانية تشغيلها على التوازى أو على التوالى

وجود عائق فى خط المواسير أو انسداد فى مصفاة خط الشفط أو صمام قدم مسدود أو مزرجن فى وضع مغلق، وقد يتسبب انخفاض منسوب السائل فى صهريج السحب لدرجة كبيرة فى نفس الخلل « راجع أيضا خلل فقد الشفط » .

٢ـ عدم تحضير المضخة، ومعناه عدم وصول السائل لشفط المضخة.

٣ـ تآكل أو برى شديد فى أجزاء المضخة ويتحتم عندئذ استبدال الأجزاء المتآكلة مع الإنتباه الشديد لدقة الخلوصات المطلوبة

٤ـ خلل فى محرك الدوران : وهو إما أن يكون انخفاض شديد فى سرعة المحرك أو عكس فى اتجاه الدوران .

٥ـ صمام تهوية الضغط أو صمام تحويل مفتوح أو به تفويت شديد: ويجب مواءمة ضبط تحميل النابض (الياى) إلى درجة الضغط المطلوب .

٦ ـ رفع الشفط زائد لدرجة كبيرة .

(ب) الضوضاء الشديدة :

١ـ متاعب السائل : مثل هواء أو غاز محصور فى السائل المتداول أو تسرب هواء فى خط الشفط .

٢ـ صمام التهوية منخفض الضبط أو يفتح ويغلق لضعف النابض (الياى).

٣ـ متاعب من خط الشفط : فقد يكون ضيقا جدا أو طويلا، كذلك ربما يكون السبب شبكة المصفاة صغيرة أو تحتاج إلى تنظيف .

٤ـ عيوب ميكانيكية : مثل عدم تحاذى عمود المحرك مع عمود المضخة أو انثناء عمود الدوران .. الخ .

٥ ـ ارتفاع ضغط الطرد لدرجة كبيرة .

(جـ) زيادة التآكل والنحر :

١ـ متاعب من السائل : اذ قد يؤدى إلى صدأ فى بعض أجزاء المضخة أو قد يحمل السائل أقذارا تسبب النحر .

٢ـ الصدأ الشديد : بسبب سوء اختيار المعدن المناسب للتطبيق أو السوائل المستخدمة فى المضخة .

٣ـ دوران المضخة دون أن تنغمر بالسائل وهو ما يعرف بالدوران على الناشف مما يسئ إلى التزليق اللازم بين أجزاء الدوران، لذلك لا ينبغى مطلقا تشغيل المضخات الدوارة على الناشف (جافة) .

٤ـ تشوه القراب : ولعل السبب فيه غالبا ما يكون تحميل المواسير الموصلة على المضخة بطريقة خاطئة مما يجهد القراب ويسبب انثناؤه أو تشوهه ويزيد النحر .

٥ـ إرتفاع ضغط الطرد لدرجة كبيرة تتجاوز الضغط المصممة عليه المضخة .

(د) تناقص السعة :

١ـ متاعب خط الشفط .

٢ـ تناقص سرعة المحرك، أو انخفاض قيمة الفولت فيمنع المحرك من الدوران بسرعته القصوى .

٣ـ تلف صمام التهوية أو صمام التحويل، أو ضعف النابض (الياى) مما يسمح بفتحه بدون مبرر وتسرب السائل المضخوخ منه .

٤ـ زيادة البرى (التاكل) فى أجزاء المضخة .

٥ـ تغير كثافة السائل أو تغير لزوجته بدرجة ملحوظة .

٦ـ عدم كفاية مورد السائل .

(هـ) زيادة القدرة المستهلكة :

١ـ ارتفاع شديد فى ضغط الطرد .

٢ـ متاعب ميكانيكية فى عمود الإدارة وعمود الدوران .

٣ـ زيادة لزوجة السائل .

٤ـ زيادة سرعة المضخة عن السرعة المقننة (سرعة التصميم) .

٥ـ التآكل والنحر بين أجزاء المضخة .

(و) فقد الشفط :

١ـ خط الشفط غير منغمر لدرجة كافية .

٢ـ تسرب هواء فى خط الشفط .

٣ـ رفع الشفط عالٍ جداً .

٤ـ انسداد المضخة بهواء محصور (قفل هوائى) .

٥ـ انسداد المضخة ببخار (غاز) ، وهى الحالة التى تتعرض فيها السوائل الساخنة إلى ضغط تفريغى .

٦ـ تآكل أو برى فى المضخة ، بحيث يؤدى إلى زيادة كبيرة فى الخلوصات.

٧ـ خط الشفط مغلق ، أو طرف ماسورة الشفط قريب جدا من قاع الصهريج .

٨ـ مورد السائل قد أصبح فارغاً .

الباب الخامس

المضخات الطاردة المركزية

نستعرض فى هذا الباب نظرية عمل المضخات الطاردة المركزية وأنواع قراباتها ومراعاة اتزانها الإيدرولى ومحامل (كراس) الدفع الخاصة بها .

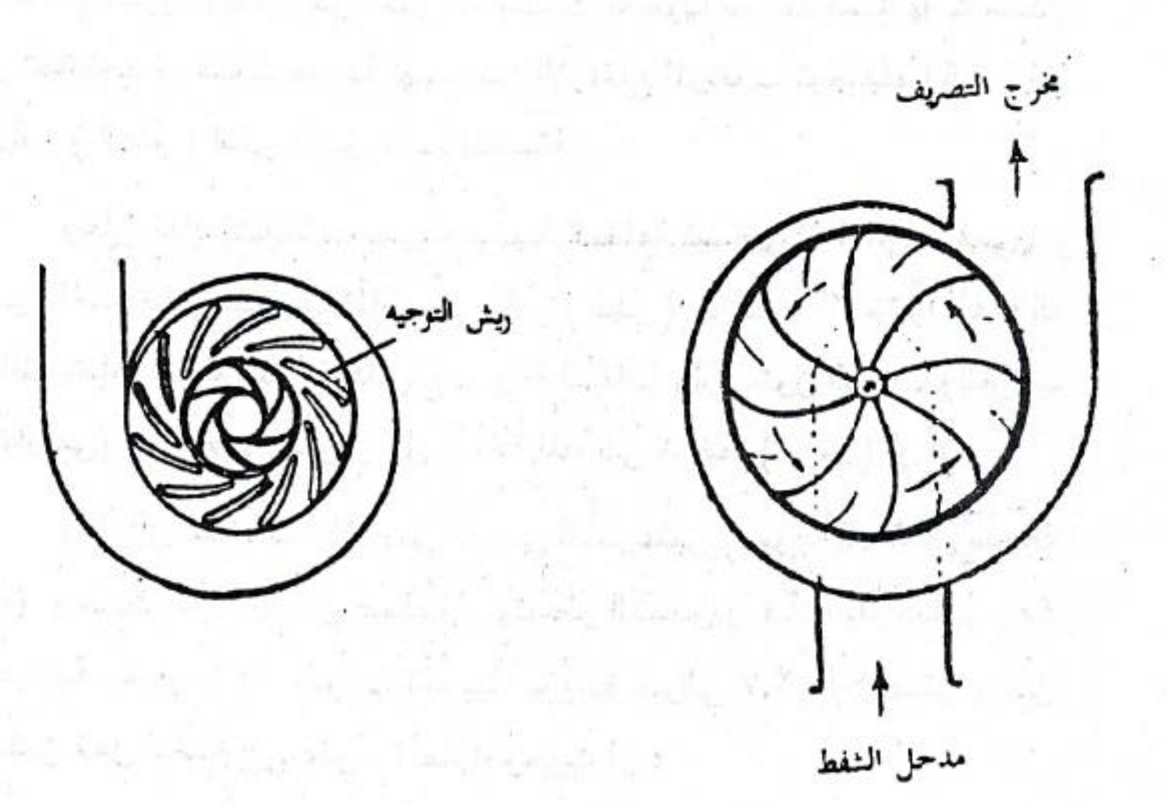
كذلك نوضح المنحنيات الخصائصية التى تبين أداء المضخة وعلاقات القدرة بالتدفق والعلو (الرأسى) ، كما نبين أحوال تشغيل المضخات الطاردة على التوازى أو على التوالى وتأثير ذلك على خصائص محطات الضخ ، ونوضح الفروق بين الأنواع الرئيسية من المضخات الطاردة ، كما نولى مضخات الآبار العميقة اهتماما خاصا لشيوع استخدامها فى الوقت الحاضر .

وأخيراً نستعرض اسلوب تتبع الخلل والأعطال وطريقة علاجها .

٥ ـ ١ نظرية المضخة المركزية :

يبين شكل (٥ـ١) توضيحا لنظرية الضخ بواسطة المضخة المركزية، ويراعى أن وظيفة الدفاعة هى أن تزود الماء بطاقة السرعة (العلو) ، كما يلاحظ أن القراب يشبه القوقعة بمعنى أن ممرات المياه تكون فى البدء ضيقة وتتسع تدريجيا كلما امتدت حول المحيط، ونجد أن وظيفة هذا القراب هو نقل طاقة علو السرعة إلى رأس (علو) ضغط .

ويراعى أن الرأسى (العلو) الناشئ من المضخة ينتج كلية نتيجة السرعة الممنوحة للماء وليس نتيجة التصادم أو الإزاحة، ولذا نرى أن الرأس (العلو) الناشئ من فعل المضخة المركزية يعتمد كلية على سرعة المضخة، ويمكننا أن نتخيل تأثير السرعة الممنوحة للماء بواسطة الدفاعة ، وكذلك يمكننا تصور العلاقة بين سرعة المضخة والرأس (العلو) الناشئ بدراسة فعل سقوط المياه من علو .



شكل ٥ ـ ١ : تخطيط لفكرة عمل المضخة

فعندما تسقط نقطة ماء كبيرة من سطح مبنى ارتفاعه ٣٠ مترا مثلا، فلابد أن تتزايد سرعتها أثناء السقوط إلى أن ترتطم بالأرض ويمكن التعبير عن سرعتها حينئذ بالمعادلة :

$$ع^{٢} = ٢ \text{ جـ } س$$

حيث جـ = عجلة الجاذبية الأرضية وتساوى ٩,٨١ م/ث^{٢}

س = الرأس (العلو) أو الإرتفاع الذى سقطت منه المياه .

حيث وأننا افترضنا أن س = ٣٠ متراً .

$$ع = \sqrt{٢ \times ٩,٨١ \times ٣٠} = ٢٤,٣$$ مترا فى الثانية

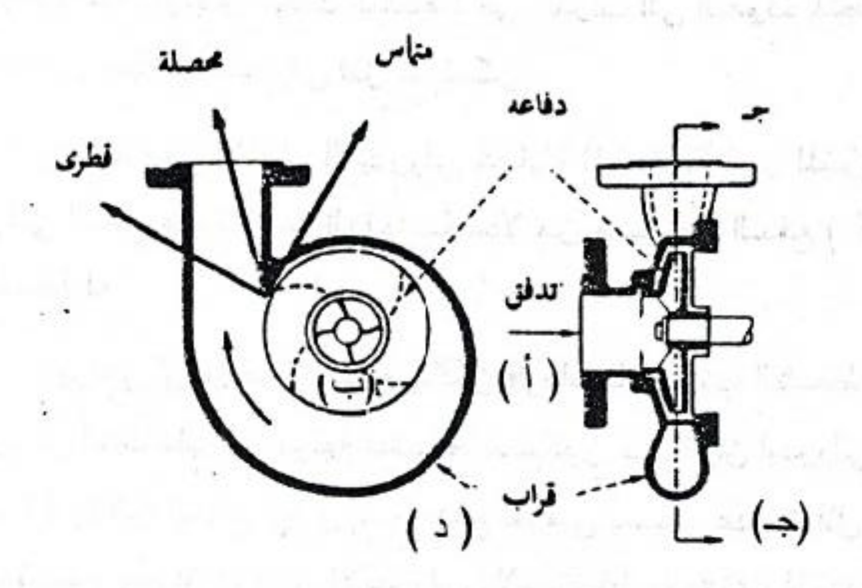
أى أن نقطة الماء ستكون متحركة بسرعة ٢٤,٣ م/ث عندما تصطدم بالأرض. ولكى نعيدها الى موضعها الأصلى فلابد أن تعطى نفس السرعة من عند سطح الأرض، ويراعى أن عمل المضخة المركزية هو أن تدفع (تقذف) تيارا مستمرا من نقط الماء بحيث نعطيها سرعة مساوية لما يمكن أن تحققه هذه النقط عندما تهبط من الإرتفاع المرغوب توصيلها اليه ، أى الرأس (العلو) الذى تعمل ضده المضخة .

وعلى ذلك فاذا كانت سرعة محيط الدفاعة تساوى ٢٤,٣م/ث فسوف تقوم المضخة بتصريف الماء حتى راس (علو) مقداره ٣٠ مترا ، هذا اذا تناظر تماما اتجاه سرعة الماء مع سرعة الدفاعة وأن يكون القراب (الغلاف الخارجى) قادرا على تحويل كل سرعة الماء الى ضغط (رأس) أو علو .

ولما كان هناك اختلافا بين اتجاهى السرعتين (سرعة الدفاعة وسرعة الماء)، وحيث أنه لا يمكن عمليا أن يتناظر التحويل فأنه يلزمنا سرعة محيطية مقدارها ٢٧ متر/ث تقريبا، بزيادة حوالى ٢,٧ م/ث حتى يمكن تحقيق فعل الضخ إلى علو ٣٠ مترا، وحيث أن :

$ع^{٢} = ٢ \text{ جـ } س$ أى أن $(٢ ع)^{٢} = ٨ \text{ جـ } س$

لذا نلاحظ أن علو المضخة المركزية سوف يتزايد إلى أربعة امثال العلو الرأسى الأصلى اذا زادت سرعة الدفاعة إلى الضعف . أى أن العلو (الرأسى) ينبغى أن يتناسب مع مربع سرعة الدفاع .



شكل ٥ ـ ٢ : مضخة مركزية أحادية المرحلة بشفط مفرد

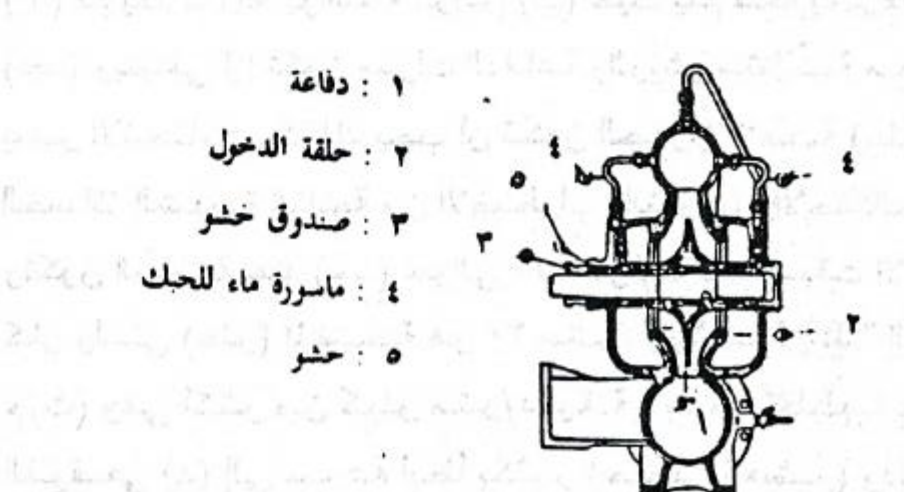
ومن الممكن أعتبار الخسائر فى المضخة المركزية عند دراسة فعل الضخ الفعلى، ويبين شكل (٥ـ٢) مضخة مركزية لها قراب قوقعى ومفردة المرحلة ودفاعة ذات سحب مفرد، ونجد أن الماء يدخل فتحه السحب (أ) ثم يتم دورانه بواسطة الريش (ب) حيث يتم قذفه بسرعة مرتفعة عند (جـ) وينبغى أن تكون ممرات الدفاعة والريش متناسبة مع بعضها مع يسر الانحناءات، كذلك يجب أن تكون الجدران ناعمة (ملساء) لتمنع الخسائر الشديدة الناتجة من الاضطراب (التدويم) والاحتكاك فى الدفاعة ، وتكون السرعة عند (جـ) حوالى ٢٧ مترا/ث كما سبقت الاشارة اليه اذا كان رأسى (علو) المضخة هو ٣٠ مترا، ويلاحظ أن تلك السرعة (٢٧ م/ث) وهى اكثر من كيلو متر/دقيقة لابد من تقليلها خلال القراب القوقعى (د) إلى سرعة أبطأ بكثير (حوالى العشر) وذلك أثناء وقت وصول المياه إلى فتحة خط التصريف .

ويكون هذا التقليل فى السرعة أو الابطاء تدريجيا وبأقل فقدان ناشئ عن الاصطدام اذا كنا نرغب فى الحصول على جودة (كفاية) عالية.

ولذا ينبغى أن يكون السطح الداخلى للقراب أملسا وناعما ، وكذا تتزايد مساحة مقطعه تدريجيا حتى تسمح للماء أن يفقد بالتدريج سرعته . يلاحظ فى الشكل وجود حلقات تلبيس، وفائدتها هى جودة الحبك لتقليل تسريب الماء الموجود تحت الضغط فى القراب الى العودة لمنطقة الضغط المنخفض جهة الشفط إلى أقل ما يمكن .

ويستخدم الاتزان الايدرولى لمعادلة المساحة غير المتزنة من الدفع الطرفى الناتج من تأثير الدفاعة بدلا من محمل الدفع (كرسى) أو بالإضافة له .

ويراعى أن محمل الدفع يكون فى اتجاه جانب الشفط، والمعروف نظريا أن الدفاعات مزدوجة الشفط ستكون فى اتزان ايدرولى تام، شكل (٥ - ٣) ولكن الواقع هو وجود دفع طرفى بسبب عدم تماثل المصبوبات ويستخدم أحيانا الاتزان الايدرولى للاحتفاظ بالدفاعة المزدوجة الشفط متمركزة فى القراب، ولكن عادة ما يستخدم محمل الدفع كاحتياط أمان ضد الدفع الطرفى الذى ربما ينشأ من نقص التماثل فى الدفاعة أو نتيجة لاضطراب فى تدفق المياه فى خط الشفط أو بلى غير متساوٍ فى حلقات التلبيس أو انسداد فى احدى جانبى الدفاعة .



شكل ٥ - ٣ : مضخة مركزية أحادية المرحلة بشفط مزدوج

كذلك فأننا اذا أعتمدنا على التوازن الأيدرولى وحده للاحتفاظ بتمركز الدفاعة فقد يقع على المضخة خطر كبير وتلفيات مزعجة اذا تمت ادارتها وهى خالية من السائل

وتكون الدفاعة المدارة مغلقة بغطاء (طبقة) من الماء يدور مع الدفاعة وتكون جسيمات تلك الطبقة المتاخمة والتى تتحرك بسرعة متلامسة مع بقية جسيمات الماء الموجودة فى القراب والتى تنساب بحركة أبطأ فى تلك الطبقة، ويعرف الجر أو السحل الناشئ بين الجسيمات الموجود فى القراب، والجسيمات الدائرة مع الدفاعة بأسم أحتكاك القرص .

مما سبق يمكن أن نصنف المفقودات فى المضخة إلى ثلاثة أصناف :

١ـ فقدان ايدرولى أو ذلك الذى يمت بصلة إلى تدفق السائل خلال المضخة.

٢ـ فقدان التسريب (التفويت) الناشئ من خلال الخلوصات الصغيرة واللازمة بين الدفاعة والقراب .

٣ـ مفقودات ميكانيكية .

ويمكن تقسيم المفقودات الايدرولية كما يلى :

١ـ مفقودات احتكاك وتكون سببها المقاومة الناشئة عند مرور الماء فى الدفاعة وفى القراب .

٢ـ مفقودات اصطدام وهى الناشئة عند التغيير المفاجئ فى سرعة الماء عند تركه الدفاعة ودخوله فى القراب .

كذلك يمكن تقسيم المفقودات الميكانيكية إلى :

١ـ احتكاك المحامل (الكراسى) .

٢ـ احتكاك القرص (احتكاك جزئيات ماء الدفاعة والقراب) .

فإذا جمعنا مختلف المفقودات وطرحناها من العمود الرأسى (العلو) النظرى (س) يكون العلو الفعلى هو :

س ـ (مفقودات ايدرولية + مفقودات تسريب + مفقودات ميكانيكية) .

٥ـ ٢ : أنواع القرابات :

يراعى أن أهم طرازات القرابات للمضخة المركزية هى :

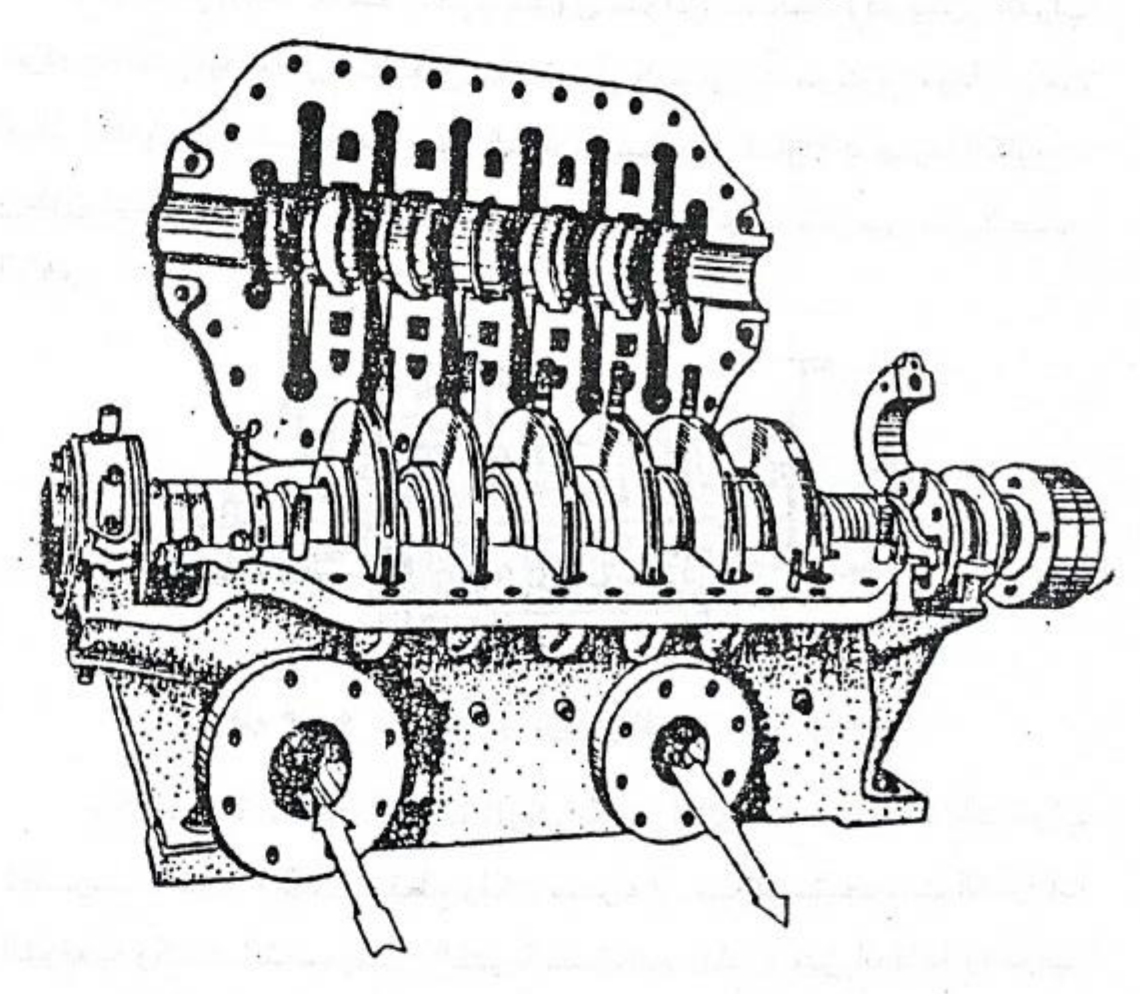
أولاً : القراب ذو الشفط (السحب) المفرد :

ويبين شكل (٥ ـ ٢) طرازا لمضخة ذات القراب بالشفط المفرد وتكون قوقعة القراب وفتحة التصريف مصبوبتين فى جسم واحد، كما يجوز أيضا أن يكون أحد أوجه القراب، «الغطاء» الخلفى أو الأمامى مصبوباً مع الجسم أو أن تكون هذه الأوجه مربوطة مع الجسم عن طريق مسامير الرباط «جوايط» ويغلق القراب بواسطة قرص أو قرصين تغطية على كل من الجانبين، ويلاحظ أن فتحة الشفط تكون فى الناحية المضادة لمحرك التدوير وهى إما أن تكون جزءا متكاملا مع القراب أو على هيئة قرص تغطية بجانب الشفط من القراب، شكل (٥ ـ ٢)، ونجد أنه من الممكن تدوير القراب بالنسبة لكتيفة تحميله بحيث يناسب مختلف أوضاع ماسورة التصريف. كما أنه يمكن أن تكون هذه الأغطية ذات قطر متسع يكفى لمرور جميع الأجزاء الدوارة مجتمعة والموجودة داخل القراب وتشمل عمود المضخة وجلب العمود كذا جلب المباعدة إن وُجدت كذا الدفاعة وجميع الأجزاء الدوارة، وذلك عند خلعها للكشف أو الصيانة وذلك دون فك بداية الطرد أو كتائف القراب أو فك الموتور الكهربى، وبحيث لا يعترضه عند الخلع أو السحب ضيق الحيز بين قرصى التغطية فى جانب الشفط وماسورة الشفط. ويراعى أن القرابات فى المضخات الرأسية ذات الشفط المفرد تكون مقواة وبها اضلاع كثيرة حتى نتلافى التشوه نتيجة للضغط اذ يؤثر ذلك على استقامة الحامل ودقة خلوصات التشغيل فى حلقات التلبيس، ويراعى فى القرابات الكبيرة أنها تميل للأنفراج ، (كما تحدث لحدوة الحصان عند جذب طرفيها) وذلك تحت تأثير دخول الماء تحت ضغط، ويجب أن تحدد المواصفات المطلوبة عند الشراء أو الصيانة أن

يحتمل هذا القراب ضغطا أزيد من ضغط التشغيل بمقدار الثلث وكذلك أن تكون ذات متانة مناسبة لتحميلها أثناء التركيبات .

ثانيا : القراب المشقوق أفقيا :

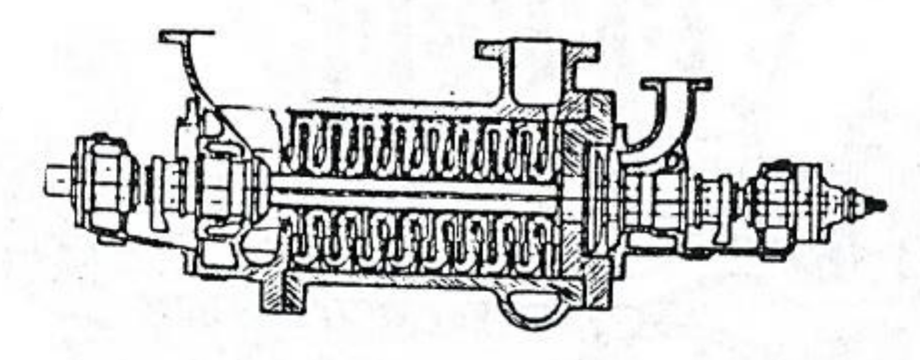
يبين لنا شكل (٥ ـ ٤) مضخة قرابها مشقوق أفقيا، يلاحظ بها أن كلا من فتحتى الشفط والتصريف فى النصف السفلى، ويجرى الكشف عليها ببساطة وذلك عن طريق خلع النصف العلوى ورفع الأجزاء الدوارة دون أعتراض الفتحات أو المواسير أو جسم المضخة، وينتشر هذا الطراز عموما بين أنواع المضخات مزدوجة الشفط أو متعددة المراحل .



شكل ٥ ـ ٤ : مضخة مركزية متعددة المراحل والقراب مشقوقة أفقيا

ثالثا : القراب طراز البرميل :

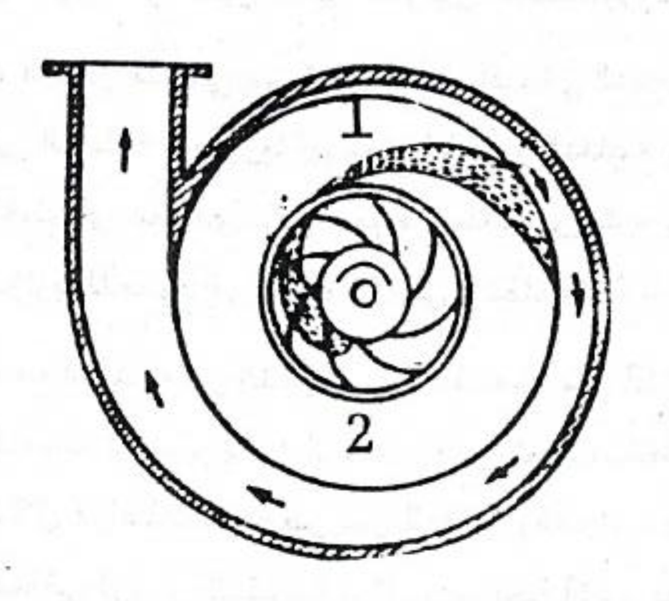
يبين شكل (٥ ـ ٥) مقطعا لمضخة مركزية عالية الضغط قرابها من طراز البرميل وهى مصممة لتداول زيوت مرتفعة درجة الحرارة، وعمليات تقطير البترول، ذات المراحل المتعددة، وكثيرا ما يستخدم هذا الطراز للمضخات، ونجد فيه القراب عبارة عن برميل أسطوانى من الفولاذ وسمكه كبير، بينما تكون ممرات السائل بين المراحل المتعددة عن طريق مجرى الحلقات المجمعة بالأسطوانة، وتكون فتحات الشفط والتصريف أعلى الأسطوانة فى طرفين متعاكسين، ومن الممكن أن يكون بالقراب دثار الماء التبريد اذا كانت المضخة تقوم بتداول سوائل ساخنة، وقد يكون القراب مزدوجا لحماية عامل التشغيل عند تداول كيماويات مركزة «قوية»، ومن أمثلة ذلك نجد مضخة مزدوجة القراب تستخدم لمداولة الصودا الكاوية ، ويكون لها قراب داخلى من النيكل الخالص وقراب خارجى من الحديد الزهر.



شكل ٥ ـ ٥ : مضخة مركزية والقراب طراز البرميل

وكانت المضخات الطاردة المركزية فى أوائل تصميمها ذات قراب تصريف دائرى وثابت المقطع ولكن سرعان ما استخدمت القرابات القوقعية وكانت التصميمات القديمة تستخدم ناشرة بين الدفاعة والقراب، ومازال هذا النوع من التصميم مستخدما فى أوروبا، شكل (٥ ـ ٦) بينما نجد أنه بالإمكان الحصول على كفاءة (جودة) عالية للعلوات الرأسية المرتفعة بتصميم متقن للقوقعة دون استخدام الناشرات .

ويمكن تصنيع المضخة وبها القراب من الزجاج صنف (بايريكس)، وهى مقاومة للحرارة والصدأ والأحماض، وقد كانت حلا موفقا لمشكلة ضخ الأحماض المسببة للصدأ أو السوائل الكيماوية بكميات تجارية ، ويراعى أن مثل تلك السوائل تتلف معدن المضخة بالإضافة إلى أنها تمتص شوائب الصدأ من المعدن ، وبذلك قد تتغير النواتج بالتفاعل الكيماوى ، وتلاحظ أن الدفاعة والقراب مقاومين للحرارة ولا تتأثر بدرجة حرارة تصل إلى ٧٥° م) فى التصميم القياسى، وإلى (٩٠°م) فى التصميمات الخاصة.



شكل د ـ ٦ : مضخة ثنائية المرحلة بحلقه ناشرة (حارفة)

ونجد أن القراب الزجاجى شفاف تماما ويمكن مراقبة النظافة الداخلية كما يمكن التحقق من خلال القراب عن الرواسب وغيرها من الأقذار أثناء تشغيل المضخة.

ويمكن فك المضخة للتنظيف فى دقائق معدودة وتجمع الأجزاء الزجاجية مع بعضها بكتائف حديد زهر ومبيت بلوح تغطية بحيث تكون مطلية بمادة مقاومة للأحماض المتداولة وتكون تلك الأجزاء الزهر مربوطة مع بعضها حول القراب الزجاجى بضغط نابض (ياى) وقبل أن ينشأ ضغط عال خطير يسبب كسر القراب فان هذا الضغط العالى سوف يتم التخلص منه بواسطة فتح القراب ضد ضغط النابض ليسمح ببعض التسرب، ويتم خروج التسريب من خلال مصفاه القراب .

٥ - ٣ الإتزان الإيدرولى ومحامل الدفع :

يقع دفع طرفى على كافة المضخات المركزية، ولابد من العمل على ملافاته إما بوسائل دفع ميكانيكية أو ايدرولية حتى تحقق تمركز الدفاع داخل القراب، ونجد أن الدفع الطرفى فى مضخة مركزية مفردة الشفط هو محصلة قوتين ناشئتين من الدفاعة، ويقع خط عملها فى اتجاهات مضادة خلال العمود، وتحليل هاتين القوتين المتضادتين كما يلى :

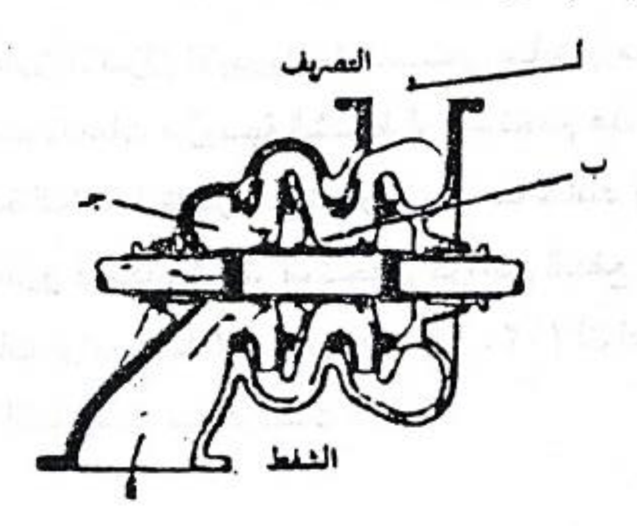
١- رد الفعل الناشئ من تغير اتجاه الماء فى الدفاعة ، اذ يكون دخول الماء فى الدفاعة محوريا أى موازيا لمحور الدفاعة ، بينما يتركها فى اتجاه القطر أى عمودى على محيط الدفاعة، وينشء عن تغيير اتجاه الماء دفعا موازيا للعمود فى اتجاه عكسى لاتجاه فتحة الشفط .

٢- الدفع الناشئ من التغيير فى الضغط على اكتاف (اغطية) الريش لأن الماء بعد أن يخرج من الدفاعة يكون تحت ضغط ويحاول أن يتسرب من خلال فراغات الخلوص بين الدفاعة والقراب، ونجد أن الكتف (الغطاء) الخلفى لريش الدفاعة يمثل مساحة اكبر يقوم ضغط التصريف بالتأثير عليها اكثر مما هو الحال على الكتف (الغطاء) الأمامى للريش، شكل (٥ - ٢)، وعلى ذلك نجد أن الدفع الناشئ تبعا لذلك يؤثر خلال عمود الدوران وفى اتجاه فتحة الشفط .

ويلاحظ أن الدفع فى الحالة الأولى صغير بالنسبة للدفع فى الحالة الثانية بحيث تصبح محصلة الدفع فى اتجاه فتحة الشفط، ولكى نلافى الدفع الطرفى الناشئ، ميكانيكيا أو ايدروليا، فلابد أن يصاحب ذلك فقدان للقدرة، ففى الحالة الايدرولية يكون من تأثير تسرب الماء، وفى الحالة الميكانيكية يكون من تأثير الاحتكاك فى المحامل (الكراسى) .

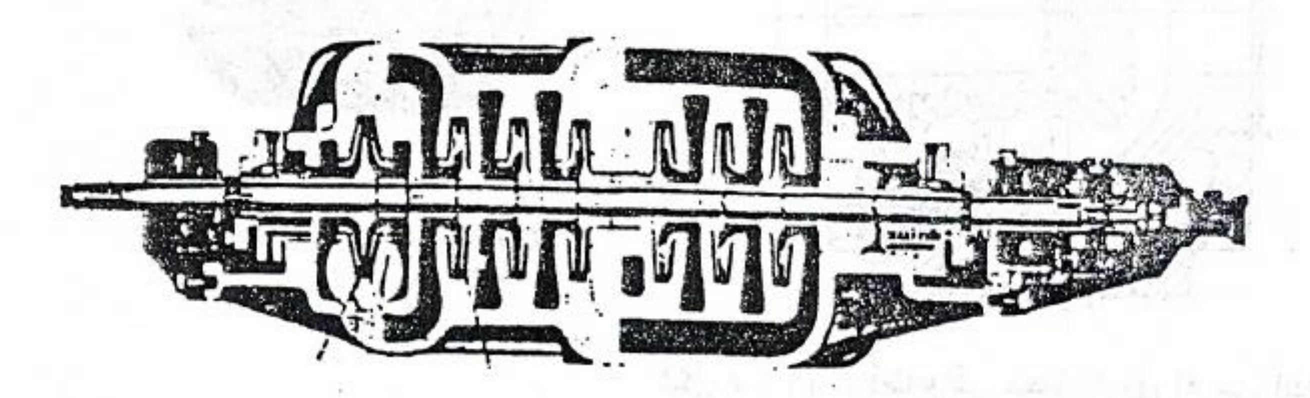
ويبين لنا شكل (٥ - ٧) اتزان ايدرولى جزئى عن طريق استخدام حلقات تلبيس إضافية (ب) ويلاحظ أن حلقات التلبيس من أمام ومن خلف

الدفاعة تكون بنفس القطر، ويكون التسريب من خلال الحلقات الامامية مباشرة إلى غرفة الشفط بينما يمر التسريب من خلال الحلقات الخلفية خلال الفتحات (جـ) الى عين الدفاعة .



شكل ٥ ـ ٧ : حلقات تلبيس اضافية لملاقاة الدفع

ومن الملاحظ أن الضغط الناشئ على جانبى الدفاعة غير متساوٍ اطلاقا نظرا لأن الضغط الموجود عند فتحة الشفط غير متساوٍ للضغط الموجود عند الفتحات (جـ) والموجودة على الكتف (الغطاء) الخلفى للدفاعة، ولذا فأنه دائما ما يتم التزود بكرسى دفع اضافى وبزيادة قطر حلقات التلبيس (ب) فان ذلك يساعدنا فى تقليل المساحة غير المتزنة ،



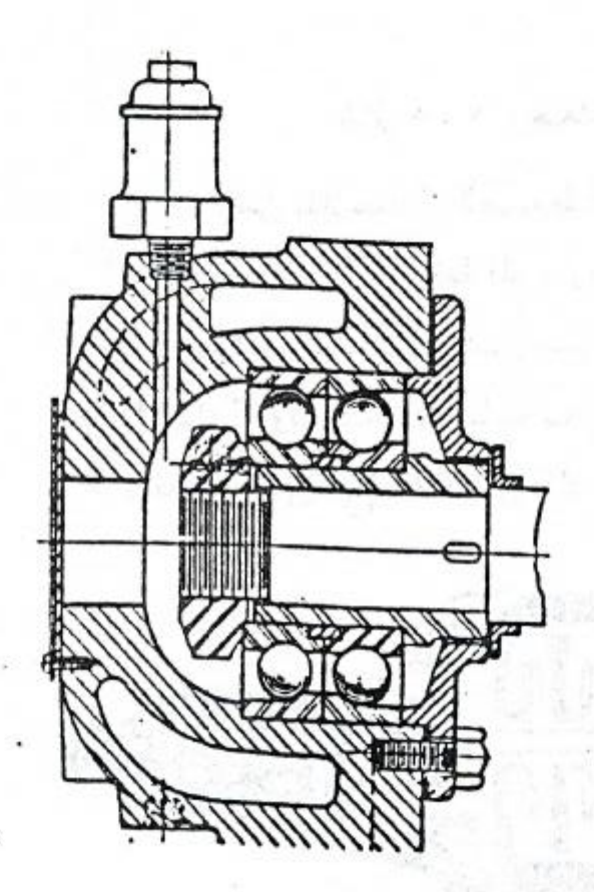
شكل ٥ ـ ٨ : مضخة مركزية بسبع مراحل
ومداخل الدفاعات مرتبة لملافاة الدفع

شكل (٥ ـ ٢)، ولكن نظرا لأن الخلوص يتزايد مع الاستعمال، وبذلك يتزايد فى اتجاه فتحة الشفط تدريجيا، ولابد أن تتم معادلة هذا الدفع عندئذ بواسطة محمل (كرسى) الدفع .

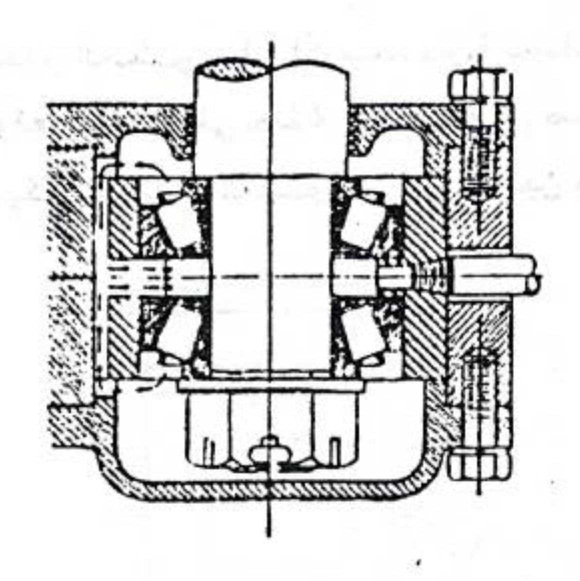
ومن أهم طرق الاتزان الايدرولى الطبيعى ما هو مبين فى شكل (٥ـ٨)، ويستخدم دفاعات مزودجة الشفط أو تستخدم عددا متساويا من الدفاعات مفردة الشفط ظهرا الى ظهر، ومهما كانت وسائل الاتزان الايدرولى فإن الطرق الميكانيكية أو استخدام كراسى الدفع يكون ضروريا فى كافة المضخات، وتبين لنا الاشكال (٥ ـ ١١ ، ١٢) أنواعا مختلفة من المحامل الشائعة الاستخدام فى الوحدات الهامة .



شكل (٥ ـ ١٠) : محمل كروى



شكل ٥ ـ ١١ : قطاع فى محمل كروى لكرسى الدفع



شكل ٥ ـ ١٢ : محمل طراز البلحات لكرسى الدفع

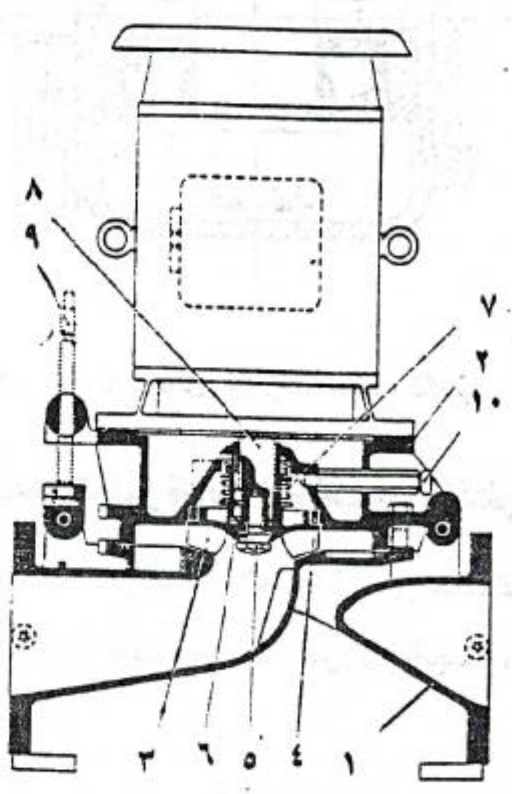
٥ ـ ٤ طرازات المضخات المركزية (بالتدفق القطرى) :

تستخدم المضخات المركزية (الطاردة) فى مختلف المنظومات، مثل التبريد بالماء العذب أو بماء البحر، والصابورة والجمة، ومضخات البترول والحريق والخدمة العامة .

ويبين الشكل ٥ ـ ١٣ مضخة مناسبة لخدمات الأغراض العامة، ولها سعة (معدل تصريف) قدره ٤٢٥ متر مكعب فى الساعة عند ضغط ٥,٤بار (٥٤ م ارتفاع ماء)، ويراعى أن الدفاعة من طراز مفرد الدخول، ويتم ترتيب عين الدفاعة لأعلى، وهى بذلك مع خط السحب المرفوع تؤكد استنزافاً سديداً للهواء أو الغاز، وتمنع احتمال الانسداد البخارى للمضخة.

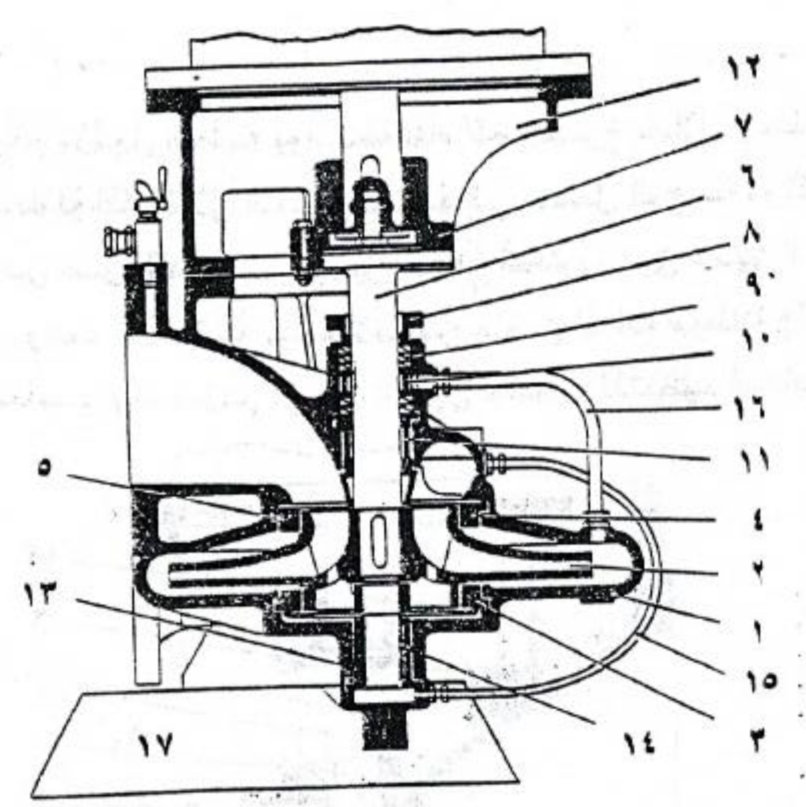
ويراعى أن القراب مشقوق رأسياً، بحيث يسمح باختبار الأجزاء الدورانية أو خلعها بدون التداخل مع أى وصلات للمواسير أو موتور الإدارة، وتوضع أفرع السحب والتصريف على النصف الخلفى من القراب، كما تزود بحلقات فى القراب تمنع التسريب (التفويت) ثانية إلى جانب السحب، وتوضع فى ممرات (مجارى) خاصة داخل تجويف القراب وتثبت فى موضعها بواسطة مسامير تثبيت .

ويزود صندوق الحشو بحلقات مصبوبة نصف معدنية، وتزود بحابك ماء من قوقعة المضخة إلى حلقة مستديرة فى صندوق الحشو، كما يمكن تبادلياً أن يكون صندوق الحشو من النوع اللين والشحم أو حوابك ميكانيكية .



١ـ قراب المضخة	٢ـ غطاء القراب
٣ـ دفاعه (مروحة)	٤ـ حلقة القراب (غويشة)
٥ـ قلاورظ إحكام الدفاعة	٦ـ رفادات (لينات)
٧ـ حابك ميكانيكى	٨ـ عمود الموتور والمضخة المشترك
٩ـ مسمار رفع	١٠ـ خابور إعتاق الهواء

شكل ٥ ـ ١٣ : مضخة مركزية بمدخل مفرد

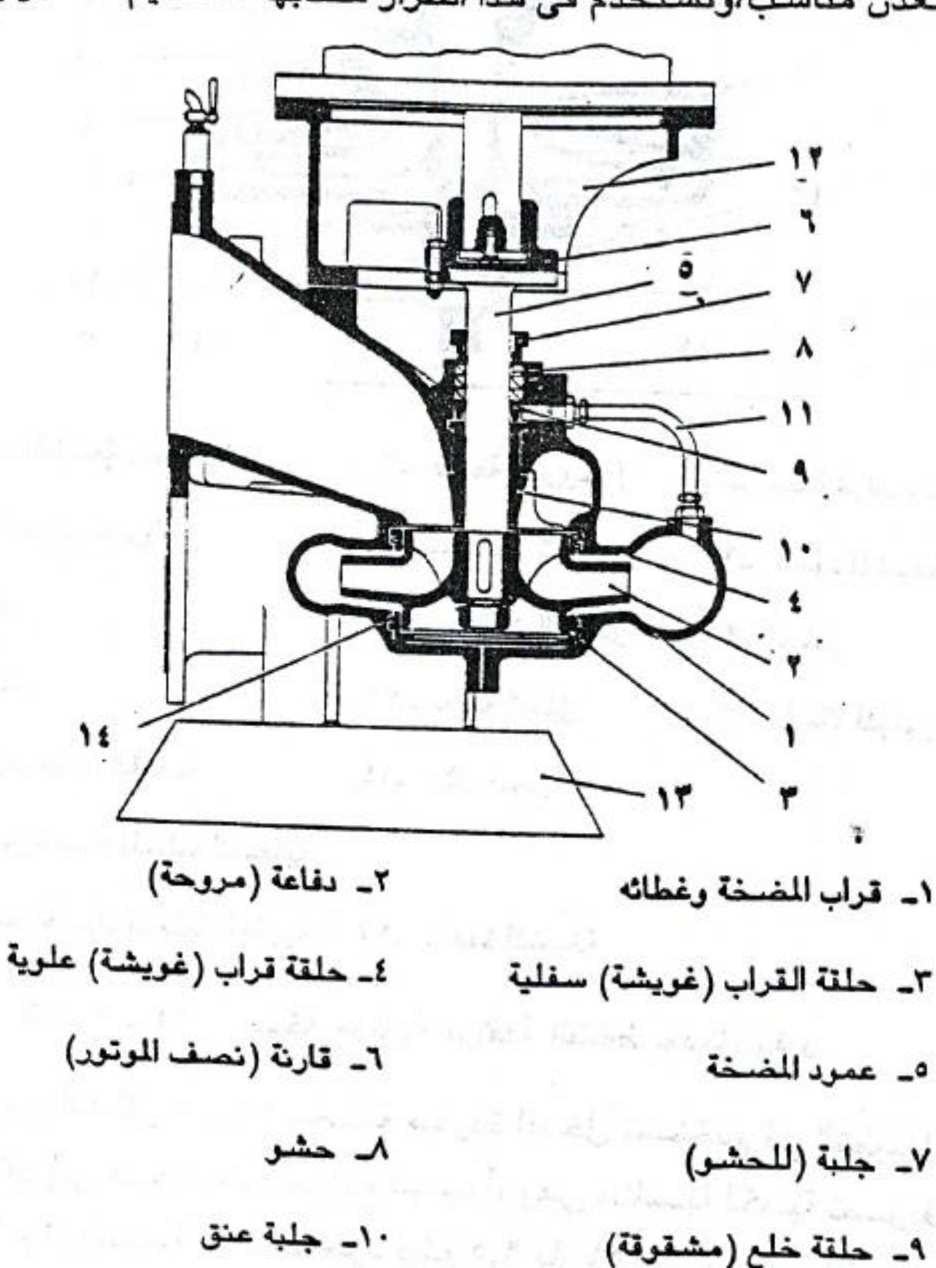


١ـ قراب المضخة وغطائها
٢ـ دفاعة (مروحة)
٣ـ حلقة قراب سفلية
٤ـ حلقة قراب علوية
٥ـ مسامير تثبيت
٦ـ عمود المضخة
٧ـ قارنة
٨ـ صندوق الحشو
٩ـ حشو
١٠ـ حلقة
١١ـ جلبة الحلق
١٢ـ أريكة الموتور
١٣ـ مبيت جلبة القاعدة
١٤ـ دثار الجلبة
١٥ـ ماسورة مياه للجلبة السفلية
١٦ـ ماسورة مياه للجلبة العلوية
١٧ـ قاعدة المضخة

شكل ٥ ـ ١٤ : مضخة مركزية مرتفعة الضغط بمدخل مفرد

ويبين الشكل ٥ ـ ١٤ مضخة مفردة المدخل تستخدم فى التطبيقات التى تحتاج إلى ضغط طرد مرتفع نسبياً، وهى مناسبة لكمية تصريف حتى ٤١٠ م٣/الساعة بضغط طرد يبلغ ٩,٥ بار (٩٥ م عمود ماء)، وهى تشبه إلى حد كبير المضخة السابقة ٥ ـ ١٣، حيث يكون القراب مشقوقاً رأسياً وتكون وصلات الشفط (السحب) والطرد (التصريف) موضوعة فى النصف الخلفى من القراب، ويراعى فى هذا الطراز أن قطر الدفاعة اكبر، ومركب لها جلبة توجيه (تحديد مسار).

ويتمَ تزليق الجلبة بواسطة الماء المضغوخ خلال وصلة ماسورة تقوم بمداولة الماء خلال الجلبة لتعيده إلى مدخل الدفاعة، وتقوم الثقوب القريبة من صرة الدفاعة بتوصيل الفراغ الدائرى فوق مبيت الجلبة بغرفة الشفط، ونجد أن الجلبة لها غلاف من معدن المدافع ببطانة (كرسى) من معدن مناسب،وتستخدم فى هذا الطراز مشابهة للتنظيم السابق إيضاحه.



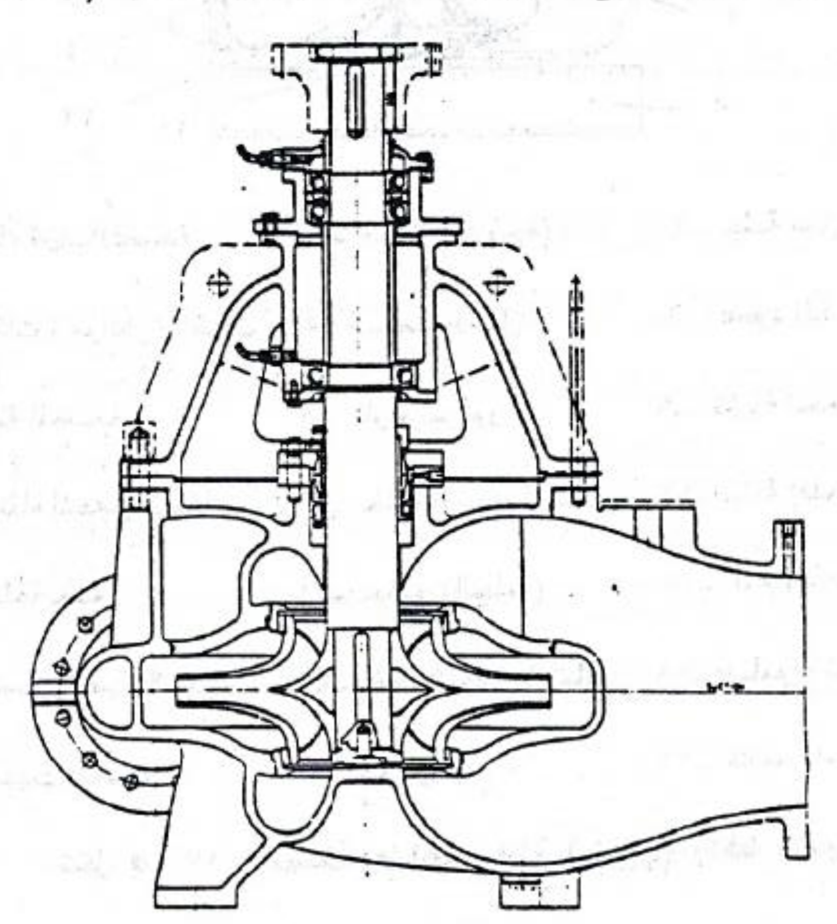
١ـ قراب المضخة وغطائه
٢ـ دفاعة (مروحة)
٣ـ حلقة القراب (غويشة) سفلية
٤ـ حلقة قراب (غويشة) علوية
٥ـ عمود المضخة
٦ـ قارنة (نصف الموتور)
٧ـ جلبة (للحشو)
٨ـ حشو
٩ـ حلقة خلع (مشقوقة)
١٠ـ جلبة عنق
١١ـ ماسورة ماء الخدمة إلى صندوق التوريد
١٢ـ اريكة الموتور
١٣ـ مسامير تثبيت
١٤ـ قدم المضخة (القاعدة)

شكل ٥ ـ ١٥ : مضخة مركزية كبيرة السعة بمدخل مفرد

ويبين الشكل ٥ ـ ١٥ تصميماً مختلفاً من طراز مضخات المدخل المفرد، وتتميز بالدفاعة من الطراز المفتوح لتدور فى القوقعة الدائرية للقراب، ويتم ضبط الخلوص بين الدفاعة وقراب المضخة بوضع شرائح بين عمود الدفاعة وعمود الموتور الكهربى (القارنة)، ويشكل غطاء القراب مبيتا للحامل الميكانيكى على عمود دوران المضخة، كما يستخدم أيضا لحمل الموتور المقرون بها مباشرة، حتى تكون وحدة متضامة (صغيرة الحجم).

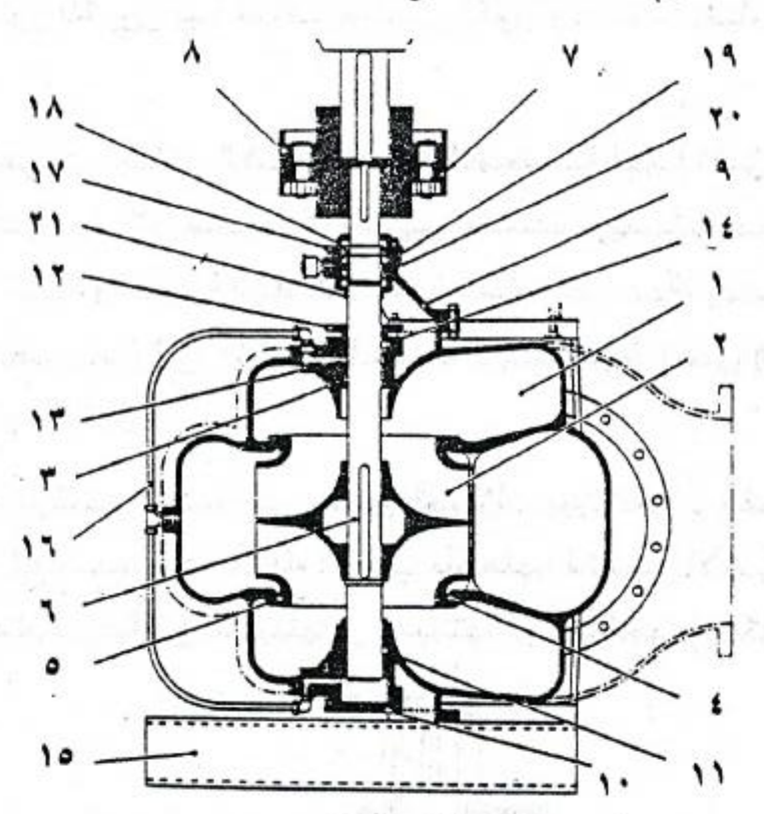
ويراعى أن وصلتى الشفط والطرد للمضخة لهما نفس القطر، مما يسهل تركيبها على خطوط المواسير الممتدة، ويستخدم هذا الطراز للأغراض المدنية والمنزلية لمياه الشرب أو المياه الصحية، وتصل سعتها (كمية التصريف) إلى ٢٦٠م٣/الساعة وبضغوط تصل إلى ٩,١ بار (٩١متر ماء مكافئ).

ويتم تركيب مفصلة فى بعض الطرازات بين القراب وغطائه، بحيث يمكن أن ترفع مجموعة غطاء القراب بأكملها لتظهر الأجزاء الداخلية للمضخة عند الرغبة فى معاينتها أو صيانتها أو إصلاحها (شكل ١ـ٢٢).



شكل ٥ ـ ١٦ : مضخة مركزية بشفط مزدوج

ويوضح الشكل ٥ ـ ١٦ مضخة منخفضة الضغط (الطرد) مع ارتفاع السعة (كمية التصريف)، وتناسب تطبيقات تبريد وتكثيف المياه، ومكافحة الحريق، وأحواض بناء السفن، والصابورة ... الخ، وتبلغ سعتها (كمية التصريف) حتى ٥٠٠٠ م٣/الساعة بضغوط تصل إلى ٤ بار (٤٠ عمود ماء مكافئ)، ويكون موضع وصلتي الشفط والطرد في ظهر القراب



١ـ غطاء قراب المضخة	٢ـ دفاعة (مروحة)	٣ـ جلبة عنق
٤ـ حلقات (غوايش) القراب	٥ـ مسامير دلايل	٦ـ عمود المضخة
٧ـ قارنة المضخة	٨ـ قارنة الموتور	٩ـ كتيفة الحمل
١٠ـ غطاء المحمل السفلى	١١ـ جلبة المحمل السفلى	١٢ـ جلبة (للحشو)
١٣ـ حلقة خلع	١٤ـ حشو (الجلبة)	١٥ـ قدم (قاعدة) المضخة
١٦ـ ماسورة مياه الخدمة	١٧ـ غطاء محمل النهاية	١٨ـ صامولة تثبيت المحمل
١٩ـ مبيت المحمل	٢٠ـ محمل رفع	٢١ـ قاذفة ماء

شكل ٥ ـ ١٧ : مضخة بضاعة سائلة (بترول) بشفط مزدوج

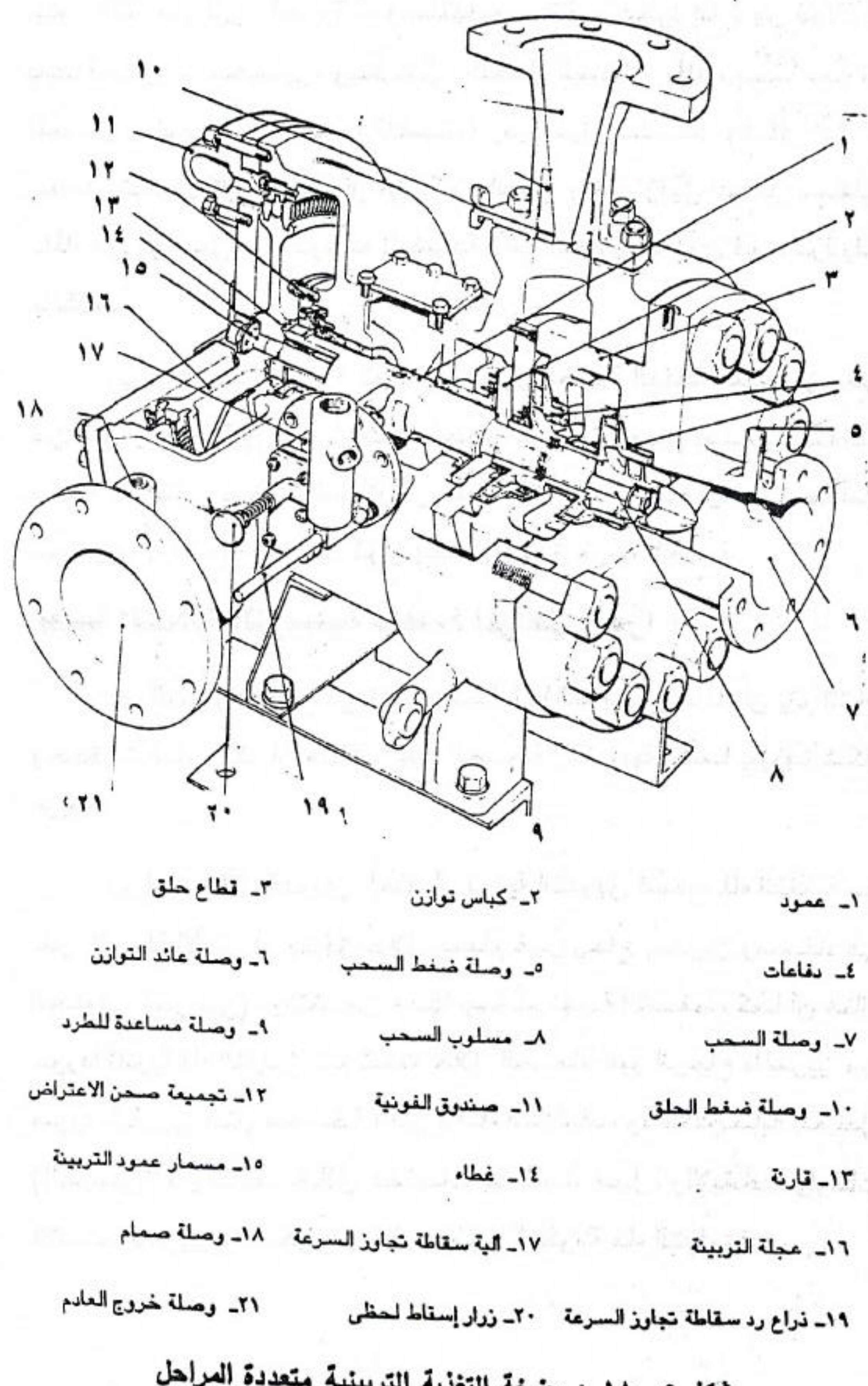
وذلك ليسمح بفك غطاء المضخة، ومعاينة الأجزاء الدوارة أو استبدالها بدون التعرض لأى ماسورة أو وصلتها، ويستخدم عمود إدارة من فولاذ لا يصدأ يدور فى محملين، ويتم تبريد المحمل السفلى بالماء، بينما نجد أن المحمل العلوى خارج جسم المضخة ومن طراز البلحات (شكل ٥-١٢) بحيث يتحمل كل من أحمال الإرتكاز والدفع، ويتم تزليق المحمل السفلى بالماء من توصيل بين قوقعة المضخة ، أما المحمل العلوى فيتم تزليقه بالشحم.

ويبين الشكل ٥ ـ ١٧ تصميما مغايرا لمضخة الدفاعة بمدخلين وهى من الطراز المشقوق قطريا وقرابها طراز البرميل، ويتم تصميم الدفاعة معلقة بفتحتين لدخول السائل، ويتم تحميل الأجزاء الدوارة على محامل موضوعه (راكبة) فى مبيت قوى (جاسئ) فوق قراب المضخة .

مضخة التغذية التربينية متعددة المراحل (وير) :

أدى التطور الناجح فى تزليق المحامل (الكراسى) بالماء أن يتم انتاج وحدة متضامة بقران مباشر بين المضخة والتربينة، كما يبينها شكل ٥-١٨.

ويراعى خلال الدوران المعتاد أن فونية التعويق تسمح لماء التغذية من طرد المرحلة الأولى أن يتدفق خلال صمام غير رجاع بممرين ومصفاه إلى المحامل (الكراسى)، وتتضمن معها صمام تهوية الضغط، كما أن هناك موردا ثانويا لماء التزليق يتم تدفقه خلال الصمام غير الرجاع بالممرين من مورد خارجى مثل مضخة انتزاع ماء التكثيف، وذلك لحماية المحامل (الكراسى) من التلف خلال عمليات بدء التشغيل، والإيقاف، وأوقات الاستعداد، ويبين الشكل ٥ ـ ١٩ تخطيطا لمنظومة ماء التزليق .



١ـ عمود ٢ـ كباس توازن ٣ـ قطاع حلق

٤ـ دفاعات ٥ـ وصلة ضغط السحب ٦ـ وصلة عائد التوازن

٧ـ وصلة السحب ٨ـ مسلوب السحب ٩ـ وصلة مساعدة للطرد

١٠ـ وصلة ضغط الحلق ١١ـ صندوق الفونية ١٢ـ تجميعة صحن الاعتراض

١٣ـ قارنة ١٤ـ غطاء ١٥ـ مسمار عمود التربينة

١٦ـ عجلة التربينة ١٧ـ آلية سقاطة تجاوز السرعة ١٨ـ وصلة صمام

١٩ـ ذراع رد سقاطة تجاوز السرعة ٢٠ـ زرار إسقاط لحظى ٢١ـ وصلة خروج العادم

شكل ٥ ـ ١٨ : مضخة التغذية التربينية متعددة المراحل

ويتم تشغيل سقاطة تجاوز السرعة بواسطة مسمار غير متوازن محمل بياى (نابض) ومركب على عمود الدوران بين محامل (كراسى) الإرتكاز .

١ـ صحون التعويق

٢ـ صمام تهوية

٣ـ صمام غير رجاع له ممرين (سكتين)

٤ـ مصفاه

٥ـ مقياس ضغط

٦ـ تسريب غرفة التوازن

٧ـ صمام التحكم فى التسريب

٨ـ محمل (كرسى) ارتكاز

٩ـ كباس التوازن

١٠ـ دفاعة المرحلة الأولى

١١ـ دفاعة المرحلة الثانية

١٢ـ صحن اعتراض

١٣ـ صمام تصفية

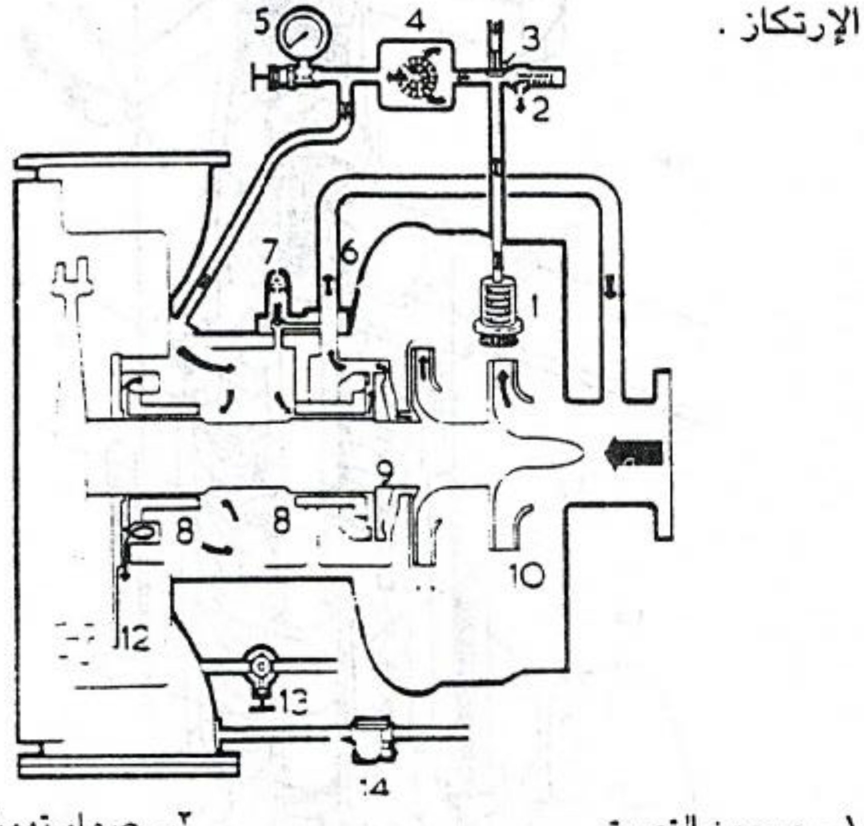
١٤ـ مصيدة تصفية

شكل ٥ ـ ١٩ : منظومة التزليق بالماء

حاكم اللفات بالضغط :

يقوم حاكم اللفات الذى يتم تشغيله عن طريق ضغط الطرد (شكل ٥ ـ ٢٠) ومشاركة منحنى السعة (كمية التصريف)، والضغط الناتج من الحمل الكامل إلى اللاحمل بإعطاء المضخة خاصية الإتزان الذاتى أثناء

ويتم تشغيل سقاطة تجاوز السرعة بواسطة مسمار غير متوازن محمل بياى (نابض) ومركب على عمود الدوران بين محامل (كراسى) الإرتكاز .



١- صحون التعويق

٢- صمام تهوية

٣- صمام غير رجاع له ممرين (سكتين)

٤- مصفاه

٥- مقياس ضغط

٦- تسريب غرفة التوازن

٧- صمام التحكم فى التسريب

٨- محمل (كرسى) ارتكاز

٩- كباس التوازن

١٠- دفاعة المرحلة الأولى

١١- دفاعة المرحلة الثانية

١٢- صحن اعتراض

١٣- صمام تصفية

١٤- مصيدة تصفية

شكل ٥ - ١٩ : منظومة التزليق بالماء

حاكم اللفات بالضغط :

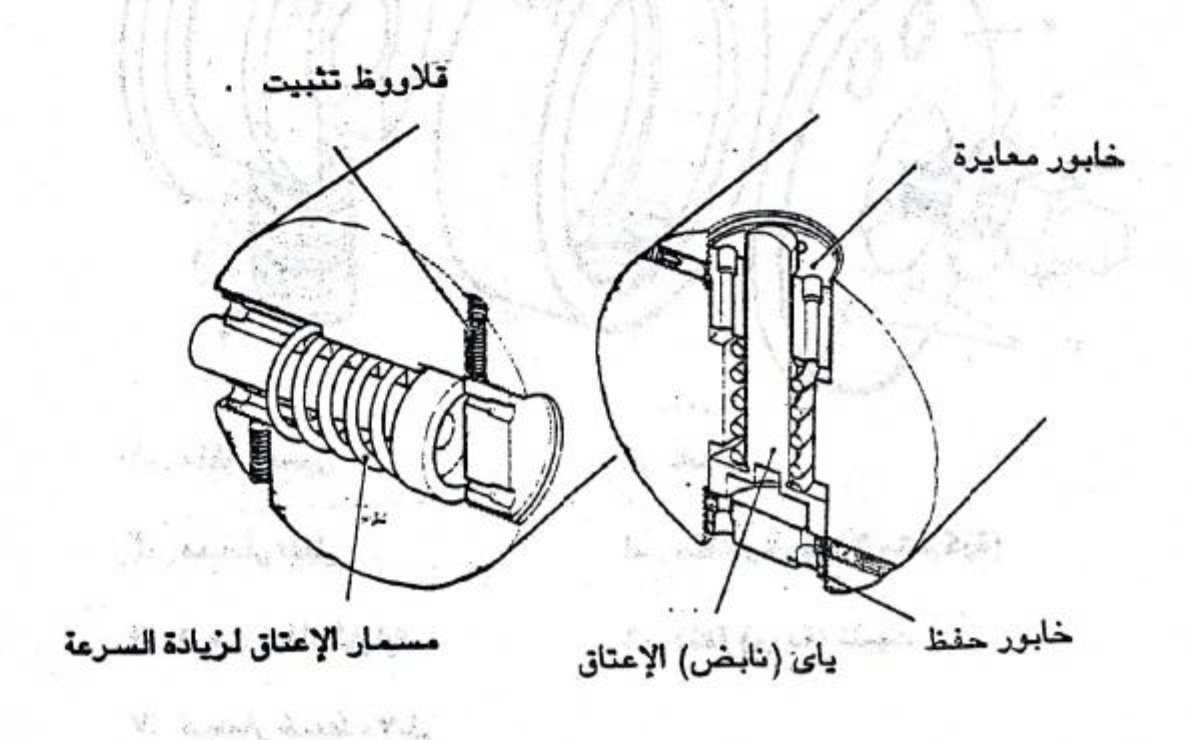
يقوم حاكم اللفات الذى يتم تشغيله عن طريق ضغط الطرد (شكل ٥ - ٢٠) ومشاركة منحنى السعة (كمية التصريف)، والضغط الناتج من الحمل الكامل إلى اللاحمل بإعطاء المضخة خاصية الإتزان الذاتى أثناء

التشغيل، ولعل الملمح الأساسى للحاكم أنه إذا فقدت المضخة سحبها، فسوف تفتح بوابات البخار على آخرها، لتسمح بتسارع المضخة بشدة حتى تصل للسرعة التى تحقق تشغيل سقاطة الطوارئ لتوقفها .

وتتكون آلية الحاكم من مسمار (قلاووظ) معايرة، يحمل كتفه على منصه فى القراب، ويتم إدخاله فى حمالة الياى العلوية وبحيث يسمح لنا تغيير انضغاط الياى وذلك بتغيير المسافة بين الحمالة العليا والحمالة السفلى للياى (النابض)، ويراعى أن الكباس المنزلق داخل جلبة موائمة تماماً يكون مزوداً بحلقة دائرية وحلقة حلزونية إضافية، وتحدد الشفة الموجودة على الجلبة موضعها فى تجويف خاص بغطاء قراب حاكم اللفات ويتم برشامها (إحكام موضعها) بحلقة توصيل حديدية .

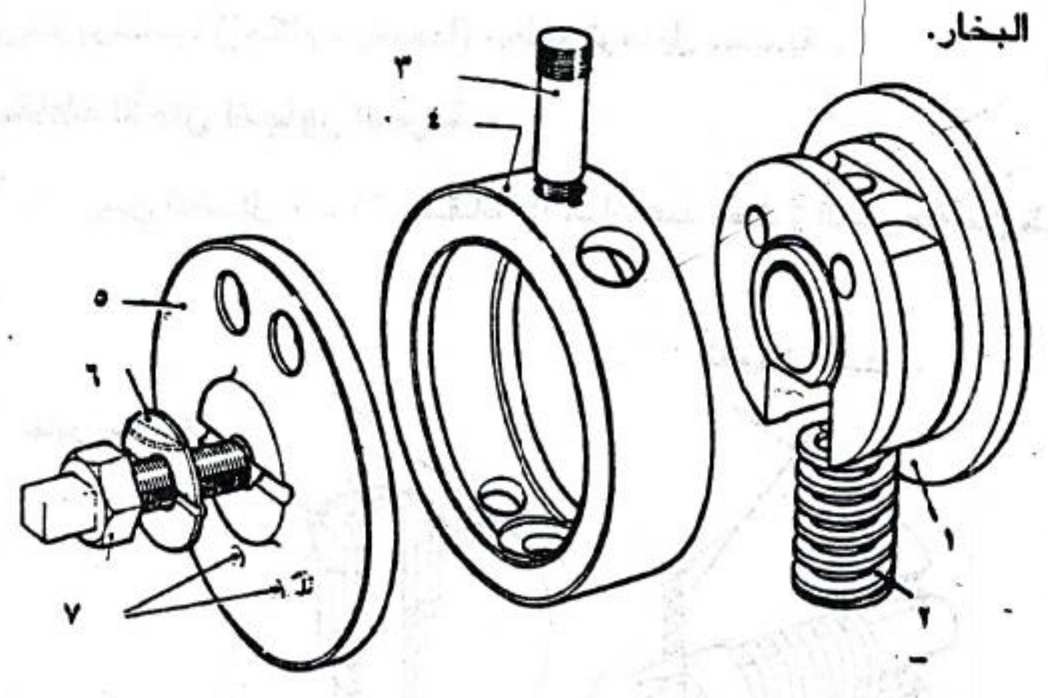
سقاطة الأمان لتجاوز السرعة :

يبين الشكل ٥ ـ ٢١ سقاطة الأمان عند تجاوز السرعة من طراز



شكل ٥ ـ ٢١ : سقاطة الأمان (طراز القلاووظ أو المسمار المحوى)

القلاووظ (المسمار المحوى) وهى تتكون أساسا من مسمار محوى (قلاووظ) من الصلب اللاصدئى محمل بياى (نابض) ويكون المسمار بتصميمه الخاص أثقل عند أحد أطرافه من الطرف الآخر، وتعمل القوة الطاردة المركزية عند دوران عمود التربينة إلى تحريك المسمار لأعلى بينما يحافظ الياى (النابض) على موضعه المعتاد إلى أن تصل سرعة التربينة لمستوى الأمان السابق التحديد، وعند تلك السرعة تتغلب القوة الطاردة المركزية الناتجة عند الطرف الأثقل على قوة الياى (النابض) المضادة لها، ويتحرك المسمار للخارج بحيث يعتق سقاطة الأمان عند طرقه لها، وبالتالى يقوم بفك تعشيقة تروس السقاطة بحيث يغلق صمام قطع البخار.



١ـ حلقة تحميل

٢ـ نابض

٣ـ مسمار دليل

٤ـ حلقة رحوية (لا متمركزة)

٥ـ قرص غطاء النهاية

٦ـ فلقة (وردة) تثبيت

٧ـ مسمار ضبط دلايل

شكل ٥ ـ ٢٢ : سقاطة إعتاق لتجاوز السرعة طراز الحلقة

مضخات التزليق بالزيت بتشغيل التربينة :

يراعى أن هذا الطراز كان مستخدماً على نطاق واسع قبل انتاج مضخة التزليق بالماء، وتستخدم مضخة التزليق بالزيت عمودا أفقيا طويلا نسبياً، وتتكون سقاطة الاعتاق لتجاوز السرعة فى هذا الطراز من حلقة دائرية كالمبينة فى شكل ٥ ـ ٢٢ .

وتركب المضخة على عمود مستدق عند نهاية عمود التربينة لآلية الإعتاق ويتم تثبيتها بمسار من الفولاذ الطرى مثبت فى نهاية العمود ويتم احكام هذا المسمار فى مكانه بفلقة (وردة) من النحاس الأحمر .

وتتكون آلية الإعتاق (الوقف) لتجاوز السرعة من حلقة فولاذ بمسطح مقسى مخروطة لا متمركزة، ولكن يتم الاحتفاظ بها فى نفس مركز دوران العمود بواسطة (ياى) نابض إلى أن تبلغ سرعة التربينة الحد الأعلى للدوران الآمن، وعند تلك السرعة تتغلب القوة الطاردة المركزية من الحلقة على قوة الياى (النابض) المضادة، فتتحرك للخارج لتطرق سقاطة الإعتاق.

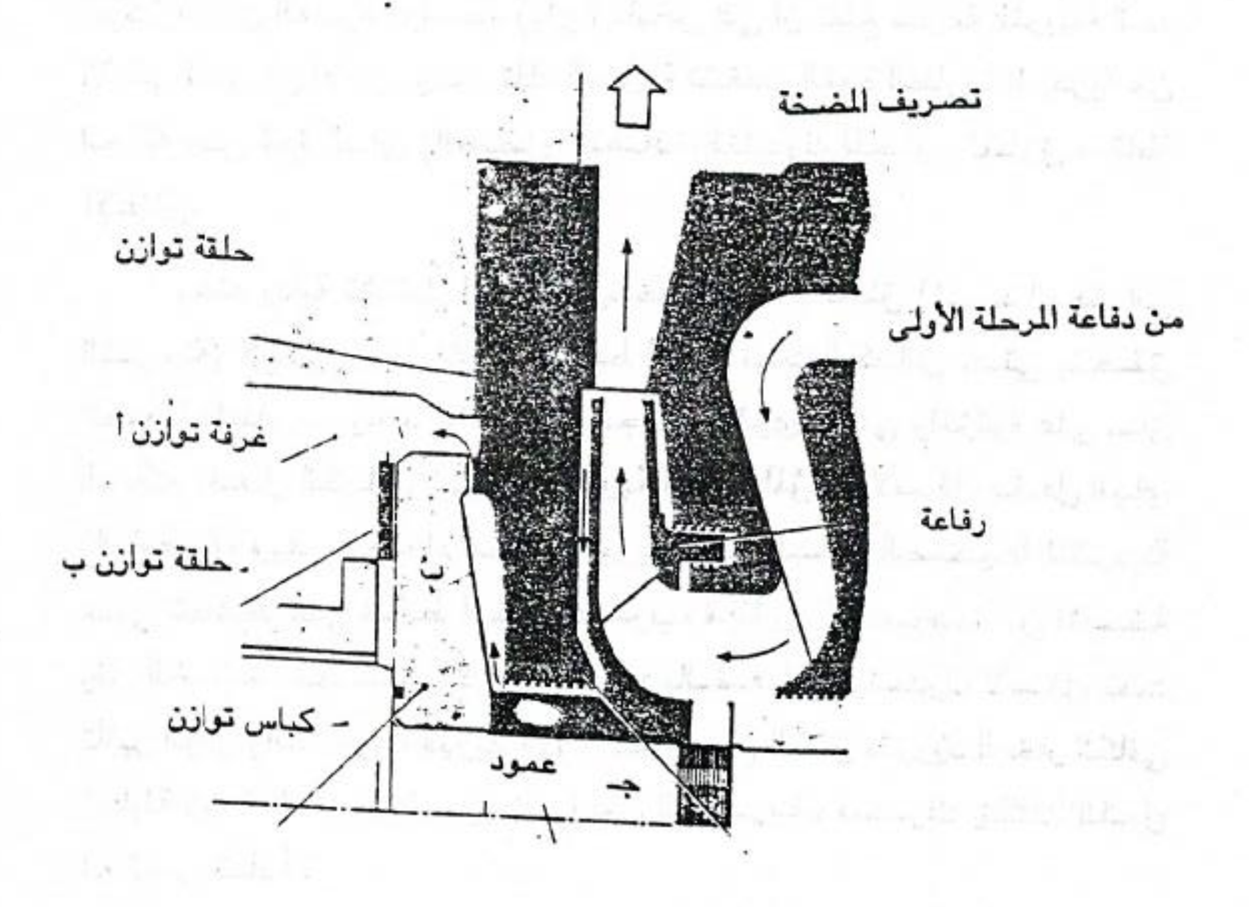
وعند بداية تشغيل المضخة، يتحرك صمام الخنق (توريد البخار إلى التربينة) لأعلى بفعل تزايد ضغط الطرد تحت الكباس حتى يتحقق الضغط المطلوب، وعند تلك النقطة نجد أن القوى لأعلى والمؤثرة على ساق الحاكم بفعل الكباس تكون مساوية للقوة المؤثرة لأسفل بفعل الياى (النابض)، ويقوم صمام الخنق بتوريد كمية البخار الصحيحة للتربينة حتى تحافظ على ضغط الطرد المرغوب، فإذا زاد التصريف من المضخة يقل الضغط، فيسمح لكباس الحاكم بالضغط أن يتحرك لأسفل تحت تأثير الياى (النابض)، فيزيد من فتحة صمام الخنق لتوريد البخار الكافى لمقابلة زيادة التصريف، وعندما يقل التصريف فسوف يحدث الفعل العكسى تماماً .

آلية التوازن الأيدرولى :

يتم التحكم محورياً فى حركة مجموعة الدوران بواسطة كباس

توازن لملاقاة تأثير الدفع الناشئ من التربينة والدفاعة، ويوضح الشكل ٥ـ٢٣ تنظيماً تقليدياً لآلية التوازن .

ويعمل هذا التنظيم على الاحتفاظ بمجموعة الدوران فى موضعها الصحيح تحت كل ظروف التحميل، ويمر الماء عند ضغط مقارب لضغط طرد المضخة من آخر مرحلة بين صرة الدفاعة وجلبة تضييق التوازن جـ فى التجويف الطرفى ب، فيقل ضغط الماء عندئذ، وينحو ضغط الماء الموجود فى الغرفة ب إلى دفع كباس التوازن فى اتجاه طرف التربينة، وعندما يتغلب الدفع الناتج فى كباس التوازن على الدفع الناشئ من التربينة والدفع، وعندئذ تتسع الفجوة أ بين الكباس وحلقة التوازن، فتسمح للماء بالهروب، ويكون تأثير ذلك أن ينخفض الضغط فى الغرفة فيسمح لمجموعة الدوران أن تتحرك للخلف فى اتجاه طرف المضخة .



شكل ٥ ـ ٢٣ : التوازن الأيدرولى

ويتم نظرياً توالى هذه الدورة بحركات أصغر كل مرة حتى يصبح الدفع على كباس التوازن متوازناً مع الدفع المحورى الآخر المؤثر على مجموعة الدوران، ويراعى عمليا أن توازن القوى يكون آنياً تقريباً، وتكون أى حركة محورية للعمود غير محسوسة .

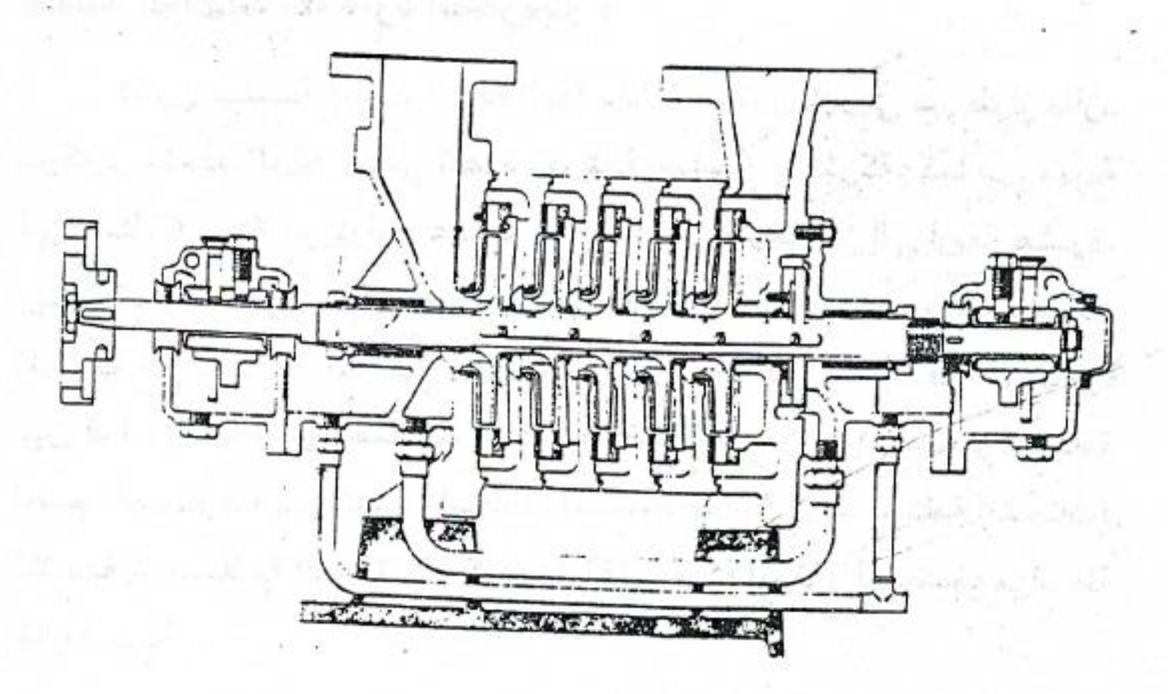
مضخة التغذية بالإدارة الكهربية :

تكون مضخة التغذية (للغلاية) بإدارة موتور كهربى من طراز طارد مركزى متعدد المراحل على قاعدة (فرشة أساس) مشتركة. كما هى مبينة فى شكل ٥ ـ ٢٤ ، ويتراوح عدد المراحل ما بين مرحلتين إلى أربعة عشرة، ويتوقف ذلك على حجم المضخة وضغط الطرد المرغوب، ويتكون جسم المضخة من عدد من المقاطع الحلقية مزودة بحارفات ومثبتة فى مواضعها بين قراب السحب والتصريف وذلك بضغط واقع من عدد المسمار الشدادة لضم المجموعة فى كتلة واحدة، وتستخدم دلائل مسندقة (بلحات) للاحتفاظ بسلامة الاستقامة، كما يتم نقل حركة الموتور للمضخة بواسطة قارنة مرنة .

ويجرى تحميل مجموعة الدوران والعمود على محملين (كرسيين) للارتكاز موجودين فى ركبتين عند طرفى العمود، ويكون الجزء الأسفل منهما حوض للزيت ويتم التوازن الأيدرولى لها بتنظيمة داخلية مماثلة للمستخدمة فى مضخة التربينة، بحيث تحتفظ بتوازنها المحورى سليما فى كافة أحوال التشغيل، وحتى يمكننا ملافاة البرى الشديد على تنظيمه التوازن عند بدء تشغيل المضخة، فمن الضرورى أن يرتفع ضغط الطرد بسرعة، ولهذا السبب وحتى لا يحدث تدفق منعكس، تزود المضخة بصمام تصريف غير رجاع ومحمل بياى (نابض) .

ويتم تبريد صناديق الحشو بماء متكثف وتزود بحشو أسبتس جرافيتى من نوعية ممتازة لحبك عمود الدوران، كما يمكن أيضا إضافة التبريد بدثارات لماء التبريد فى قراب السحب وغطاء غرفة التوازن .

وتزود المضخة بمفتاح كهربى للفصل بتأثير الضغط ، وسوف يقوم آليا بفصل التيار عن الموتور الكهربى عندما ينخفض ضغط الطرد من المرحلة الأولى عن حد معين، وذلك لحماية المضخة فى حالة فقدان السحب أو التكهف ... إلخ .



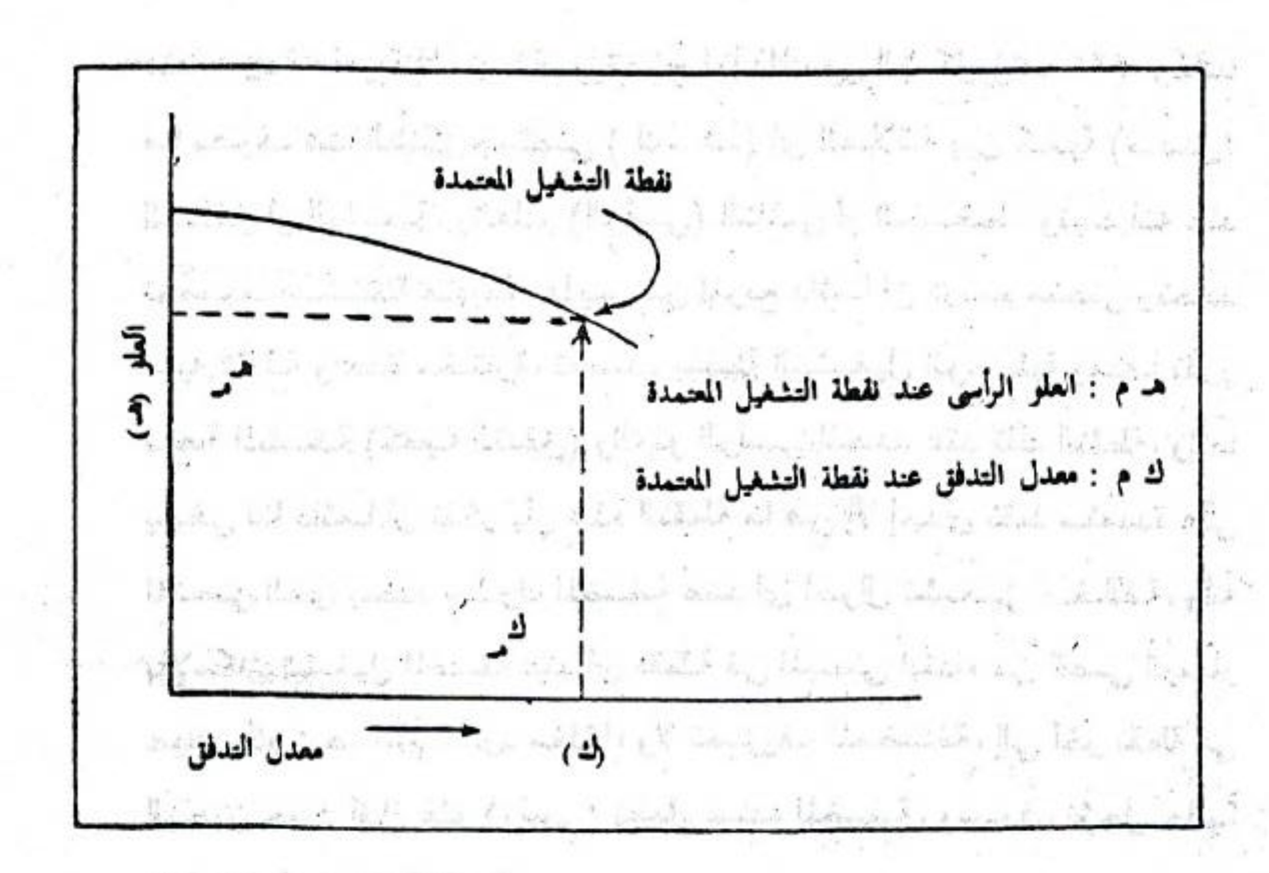
شكل ٥ ـ ٢٤ : مضخة تغذية متعددة المراحل بإدارة كهربية

٥ ـ ٥ المنحنيات الخصائصية لمعدل التدفق والعلو الرأسى :

يتضح لنا مما سبق عن عمل المضخة المركزية أنه ليس هناك ازاحة ثابتة للسائل بفعل المضخة، كما هو الوضع فى حالة المضخة الترددية، اذ تعمل المضخة المركزية على نقل كمية محددة من الطاقة إلى السائل، ويتضح لنا حينئذ أنه اذا كان الضغط الخلفى مرتفعا على المضخة، فسوف يحتاج كل جزئ من السائل الى طاقة أكبر عما لو كان الضغط الخلفى منخفضا، وتبعا لذلك فسوف تمر كمية سائل أقل خلال المضخة اذا زاد الضغط الخلفى عليها، وتزداد أهمية هذه الخاصية للمضخة المركزية بحيث تكون العلاقة محددة بين معدل التدفق والعلو (الرأسى) الناشئ

عند سرعة معينة للمضخة، ويتضح لنا ذلك فى الشكل (٥ ـ ٢٥)، وغالبا ما يعرف هذا الشكل بمنحنى (ك ـ هـ) أى العلاقة بين كمية (معدل) التدفق أو السعة، والعلو (الرأسى) الناشئ أو الضغط، ونجد أنه عند توصيف مضخة معينة، فليس من المريح دائما ان نرسم منحنى ونحدد عليه نقطة واحدة مختارة، توصف بنقطة التشغيل الوصفية ومنها نقرر سعة المضخة (كمية التدفق) والعلو الرأسى المحدد عند تلك النقطة، وإنما ينبغى لنا دائما ان نذكر بأن هذه النقطة ما هى إلا إحدى نقط متعددة على المنحنى الذى يحدد سلوك المضخة عند أى أحوال تشغيل مخالفة، وأنه بالإمكان تشغيل المضخة عند أى نقطة فى المنحنى ابتداء من أقصى اليسار حيث يكون صمام الطرد مغلقا، ولا تصريف للمضخة، إلى أخر نقطة فى اليمين حيث اقل علو (راسى) تعمل عنده المضخة، وسوف نؤجل حاليا مناقشة المحددات اللازمة .

وينبغى كذلك مراعاة نقطة ثابتة، وهى أن هذا المنحنى اذا تم رسمه كعلاقة بين السعة (كمية التدفق) والعلو (الرأسى) فإنه ينطبق على كافة السوائل، بغض النظر عن كثافتها النوعية، هذا بشرط أن تكون بنفس اللزوجة تقريبا، فمثلا يستخدم الماء عادة لرسم هذه المنحنيات لسهولة اعتبار الماء كسائل اختبار، ثم ينطبق هذا المنحنى عند تقدير أى سائل أخر مماثل، كالكيروسين مثلا، فاذا كانت المضخة قادرة على تداول ٥٠٠م٣/ الساعة إلى علو ١٠٠، فسوف تنقل ٥٠٠ طن ماء فى الساعة بينما تنقل ٣٧٠ طن «ثقل» فى الساعة من الكيروسين ذو كثافة نوعية ٠,٧٥، بالرغم أن اداءها لم يتغير بالمرة، ولهذا السبب تفضل استخدام وحدات الحجم والعلو (الرأسى) فى أعمال الضخ، فاذا حصلنا على هذا المنحنى الذى يوضح لنا ما تستطيع المضخة أن تقوم به عند لفات (سرعة) محددة، فمن المعقول أن نتبع نفس الخطوات لسرعات مختلفة .



شكل ٥ ـ ٢٥ : العلاقة بين السعة (معدل التدفق) والعلو (الرأسى)

والمعروف أن كمية (معدل) التدفق (ك) تتناسب مع السرعة، بينما يتناسب العلو (الرأسى) (هـ) تبعا لمربع السرعة، ويتناسب استهلاك القدرة (ق) تبعا لمكعب السرعة، ومعنى ذلك أن :

$$\frac{ك_1}{ك_2} = \frac{(ل/ق_1)}{(ل/ق_2)} \qquad \frac{هـ_1}{هـ_2} = \frac{(ل/ق_1)^2}{(ل/ق_2)^2}$$

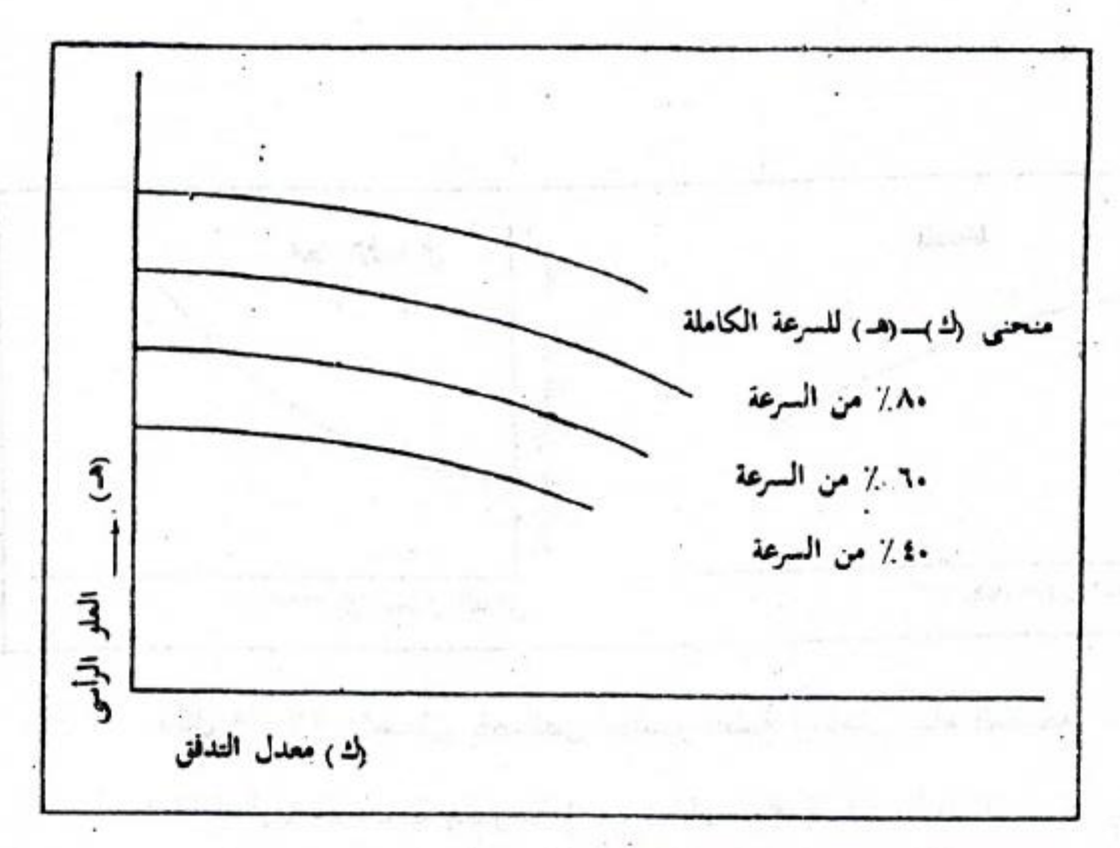
$$\frac{ق_1}{ق_2} = \frac{(ل/ق_1)^3}{(ل/ق_2)^3}$$

حيث أن : ك هى معدل التدفق

هـ العلو الراسى

ل/ق عدد اللفات فى الدقيقة ؛

ق القدرة



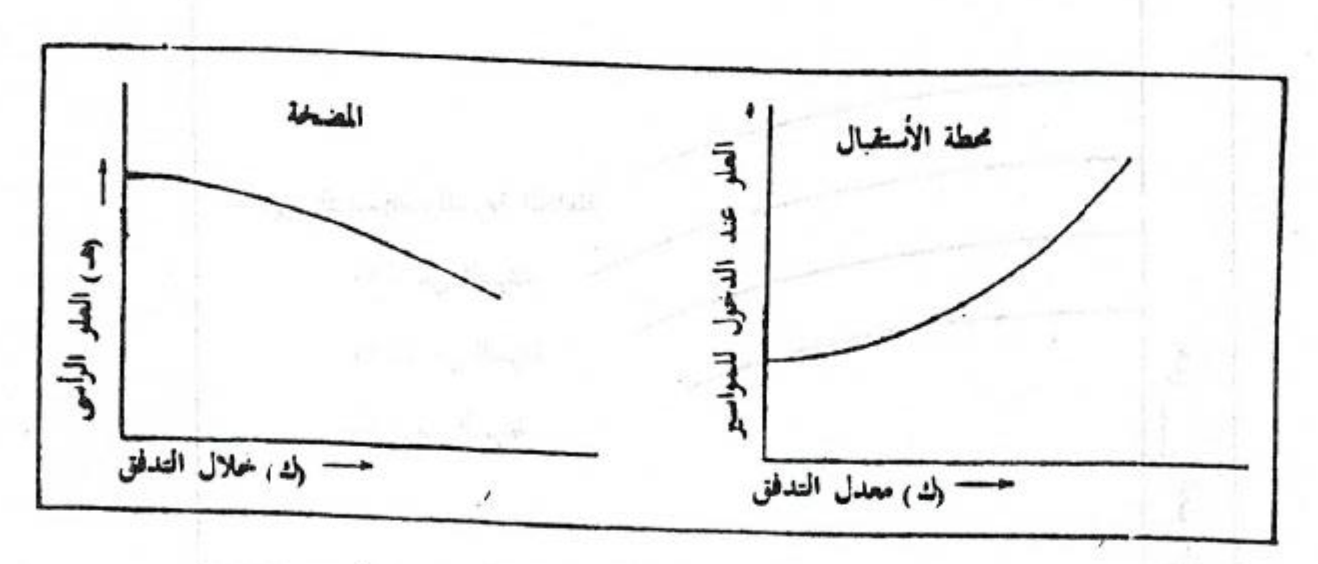
شكل ٥ ـ ٢٦ : اختلاف أداء المضخة باختلاف السرعة

ويمكننا بذلك استنباط منحنيات ك ، هـ من المنحنى الأصلى، لتبين لنا الاداء عند السرعات المغايرة ، كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٢٦) .

٥ ـ ٦ معدل التصريف الفعلى لمحطة استقبال محددة :

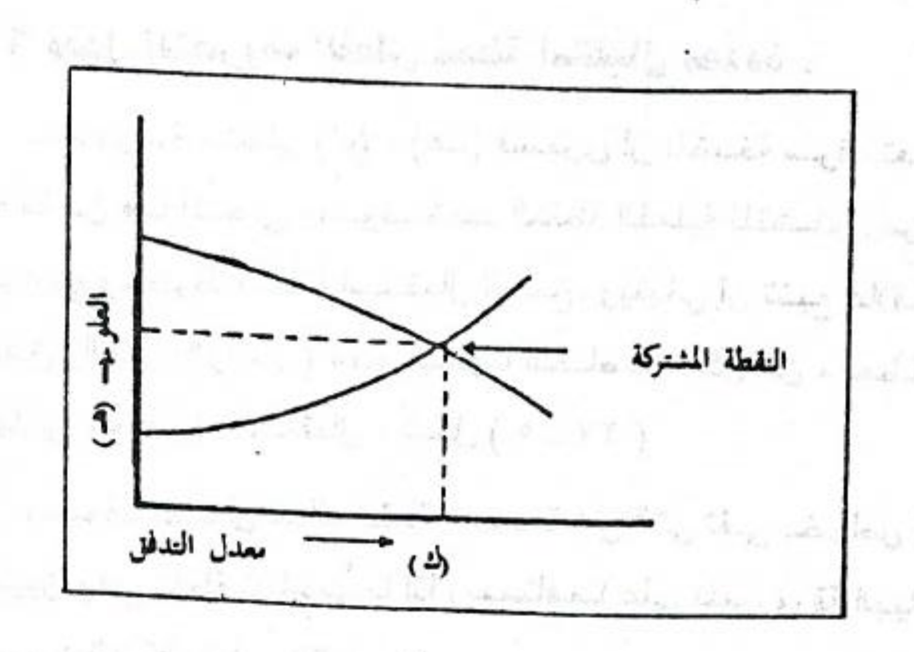
عند دراسة منحنى (ك) ، (هـ) فسنرى أن المضخة سوف تعمل عند نقطة ما من هذا المنحنى وسوف تحدد النقطة الفعلية للتشغيل من أحوال الصهاريج وخطوط محطة استقبال الضخ، وينبغى أن تتبع علاقة كمية التدفق والعلو (الرأسى) منحنياتها الخاصة لكل من محطة الضخ وصهاريج وخطوط الاستقبال ، شكل (٥ ـ ٢٧) .

وسوف نجد أن هناك نقطة محددة هى التى تفى بخواص كل من المنحنيين وهى نقطة تقاطعهما اذا رسمناهما على نفس ورقة البيان كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٢٨) .

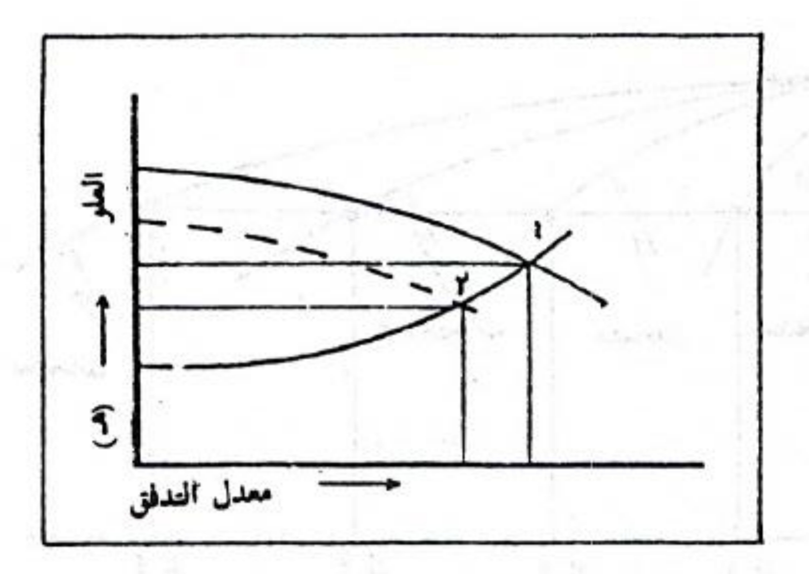


شكل ٥ ـ ٢٧ : منحنى خصائص مواسير الضخ ومنحنى أداء المضخة

فاذا دارت المضخة بسرعة (عدد لفات / الدقيقة) أبطأ فسوف يقل نتاجها وسوف نحصل على النتاج المنخفض من المنحنيين كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٢٩) .



شكل ٥ ـ ٢٨ : نقطة التشغيل المثلى



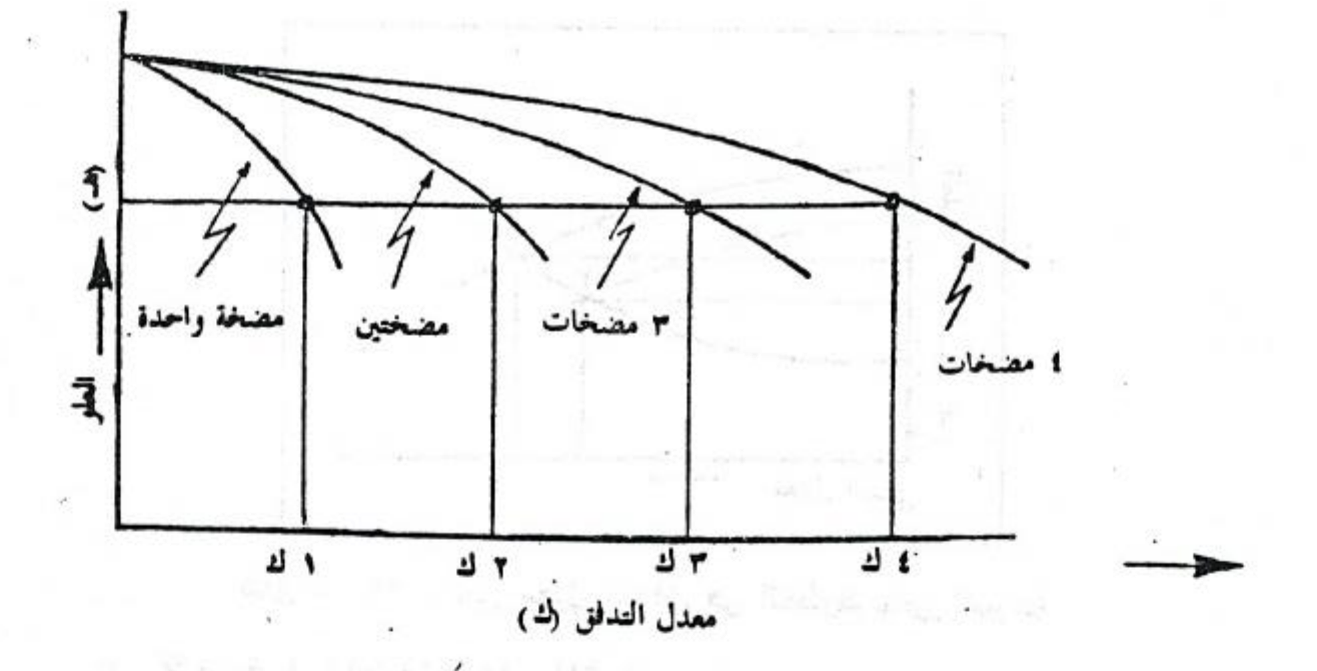
شكل ٥ ـ ٢٩ : تغير معدل التدفق فى الخطوط بتغير السرعة

٥ ـ ٧ تشغيل المضخات على التوازى :

عندما تقوم عدة مضخات بالتصريف الى مشترك عام فسوف نعبر عن ذلك بأن تشغيلها يكون على التوازى، وعندئذ فان منحنى الخصائص المشترك بينهم سوف يحتفظ بنفس الشكل بشرط أن جميع المضخات تدار بنفس السرعة ويمكن الحصول عليه بجمع كافة كميات التدفق لكل مضخة كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٣٠)، وينبغى عندئذ احتساب الخلل الناشئ عندما تدور إحدى المضخات بسرعة أقل .

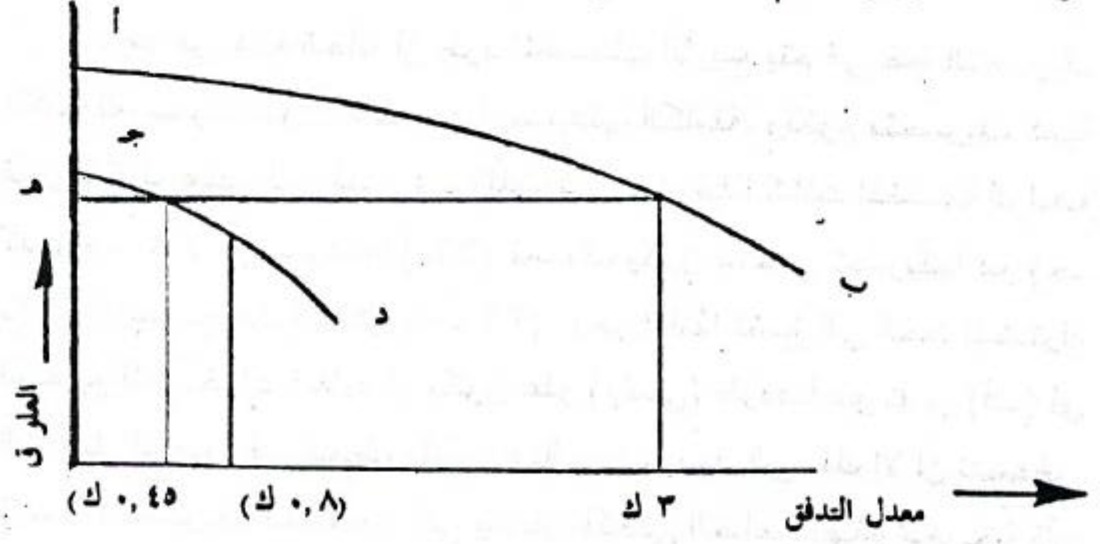
نجد فى هذه الحالة أن طرد المضخات الأربع يتم فى خط التصريف المشترك، بحيث تدور ثلاث منها بسرعتها الكاملة، وتقوم بتصريف كمية قدرها ٣ ك عند علو رأسى هـ (المنحنى أ ب)، فإذا كانت المضخة الرابعة تدور بـ ٨٠ ٪ من سرعتها (مثلا) فسوف يكون منحنى تصريفها هو (جـ د). كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٣١)، وحيث أنها تضخ الى الخط المشترك لجميع المضخات فلابد أن يكون علو (رأسى) طردها هو نفس (هـ) أى الضغط الموجود فى الخط، وليس هناك من سبيل الى ذلك إلا أن تنخفض قيمة التصريف لتتحرك إلى يسار المنحنى الخاص بهذه المضخة ذات السرعة المنخفضة، أى أنه بالرغم من أن انخفاض السرعة كان ٨٠ ٪ فقد نتوقع انخفاض كمية التصريف الى ٤٥ ٪ (ك) حيث أن

$$\frac{ك_1}{ك_2} = \frac{(ل / ق_1)}{(ل / ق_2)}$$



شكل ٥ ـ ٣٠ : المعدل التراكمى للتدفق من ٤ مضخات على التوازى

إلا أن هذا الوضع لن يتحقق فى حالة التشغيل على التوازى مع غيرها من المضخات، وسوف يقل نتاجها كثيرا عن كمية التصريف المتوقعة، ونستطيع فى الحقيقة أن نتبين من الشكل بأن مجرد انخفاض السرعة لمدى غير كبير فسوف يتسبب فى أن ينقطع تصريفها تماما. كما لو كانت تدور وصمام الطرد مغلق.

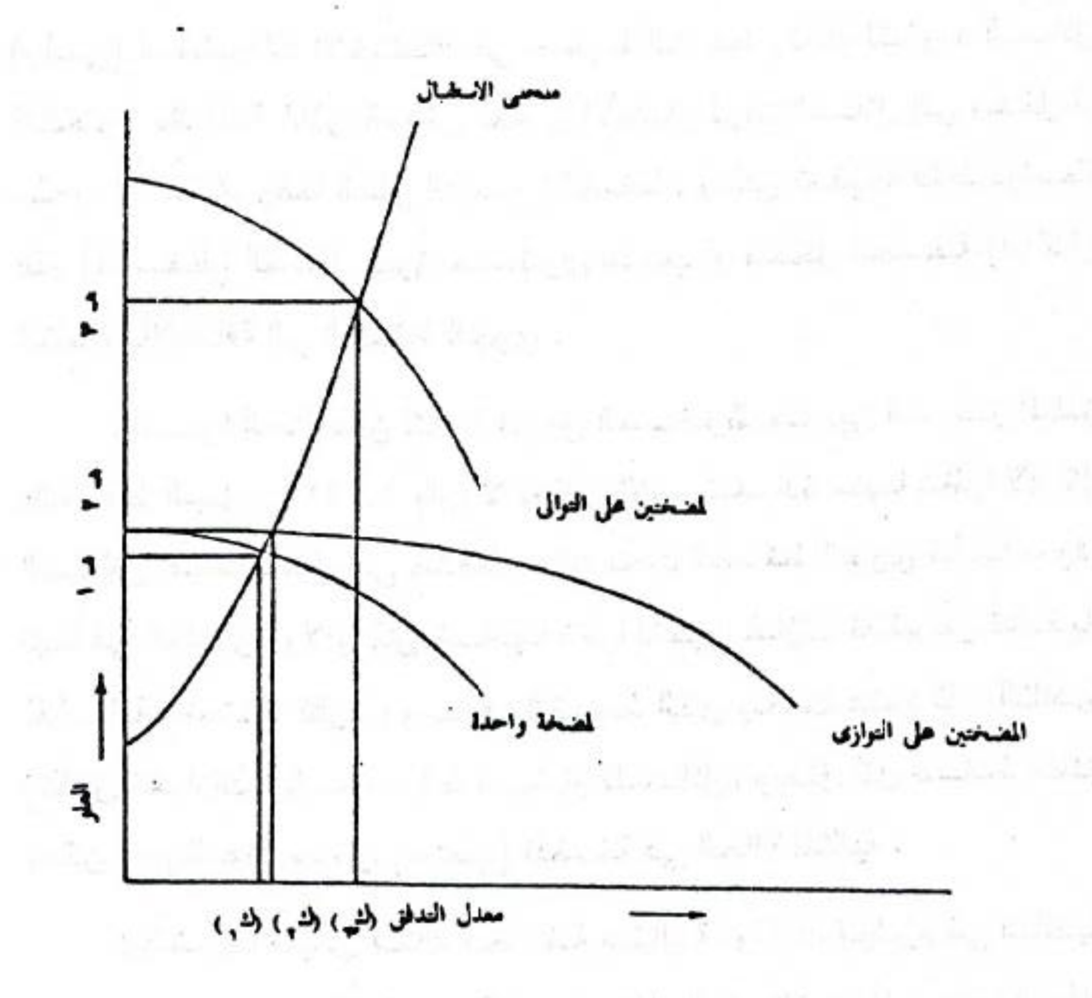


شكل ٥ ـ ٣١ : انخفاض التدفق فى الخطوط
عند انخفاض سرعة مضخة واحدة من أربعة

٥ ـ ٨ تشغيل المضخات على التوالى :

ربما يكون من المفيد أن يتم تشغيل المضخات المركزية على التوالى، اذا سمحت لنا خطوط التصريف أو صهاريج الاستقبال بذلك، ويمكننا أن نحقق زيادة ملموسة فى كمية التدفق كما يتضح من الشكل (٥ ـ ٣٢).

وقد يستحيل فى بعض التركيبات أن يتحقق التشغيل على التوالى لما فى ذلك من خطورة، وينبغى أن نراقب أحوال تشغيل المضخات على التوالى باهتمام شديد خصوصا بالنسبة للضغط الخلفى ا الناشئ، اذ أن العلو (الرأسى) الناتج عن تشغيل مضختين على التوالى سوف يزداد لدرجة شديدة، ومن الممكن أن يُصبح فى غاية الخطورة .



شكل ٥ ـ ٣٢ : مقارنة التدفق فى الخطوط (الاستقبال) لمضختين على التوالى أو على التوازى

٥ ـ ٩ جانب الشفط للمضخة المركزية :

لا يمكن لأى مضخة مركزية أن ترفع السائل ما لم نخلق تفريغا فى خط الشفط، وهذا التفريغ سوف يساعد الضغط الجوى فى دفع السائل الى المضخة، وفى هذه الحالة سوف يكون الرفع الأقصى النظرى هو العلو (الرأسى) للسائل المناظر للضغط الجوى. ولا تستطيع مضخة أن تخلق تفريغا مطلقا، وعلى ذلك سوف يكون الرفع الفعلى أقل من الحد الأقصى النظرى .

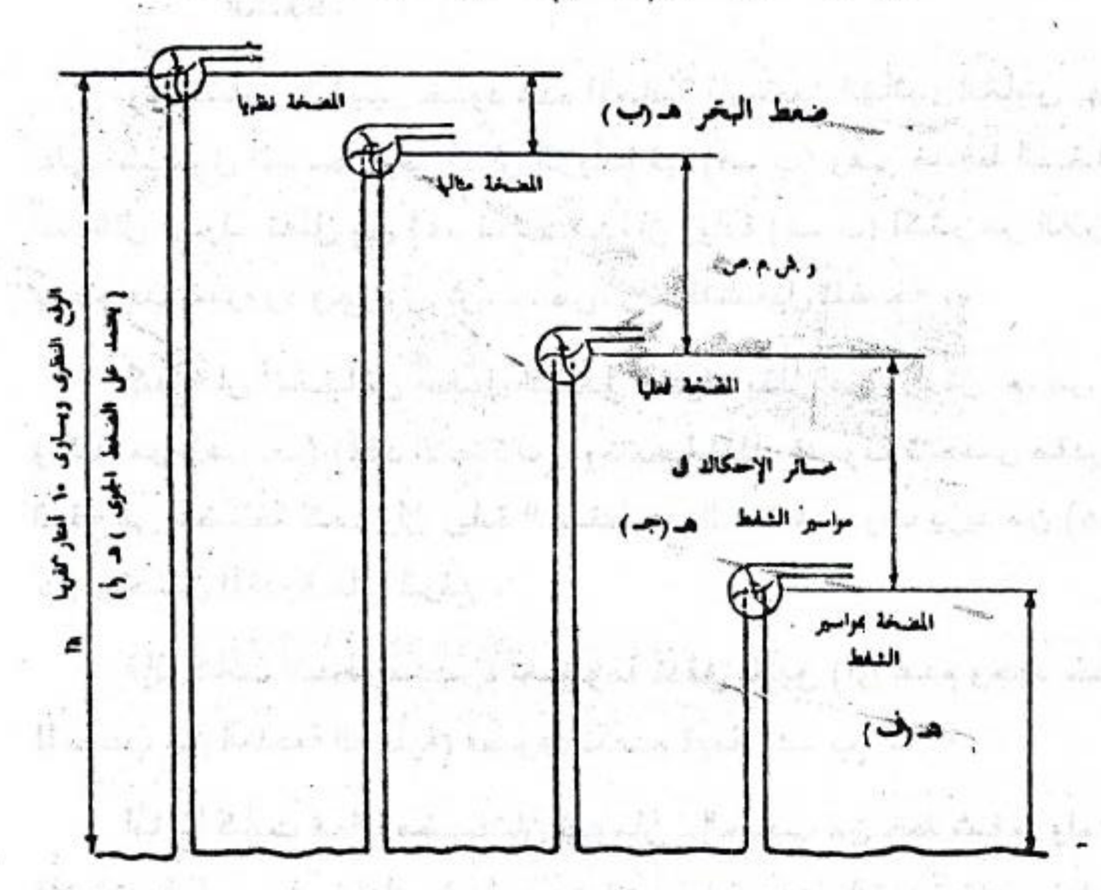
٥ ـ ١٠ رفع الشفط الموجب الصافى (ر. ش. م. ص.) :

يلزم المضخات المركزية علو (رأسى) ضغط للتغلب على علو (رأسى) مفقودات الاحتكاك فى خطوط الشفط وذلك لتزويد السائل المتحرك بالطاقة اللازمة، وفى بعض الأحيان لرفع السائل إلى مدخل أو سحب المضخة. وهذا العلو الرأسى (الضغط) يمكن تحقيقه فقط بواسطة علو (الضغط) السائل فوق مستوى سحب أو مدخل المضخة (اذا كان متاحا) بالإضافة إلى الضغط الجوى .

ولسوء الحظ فان كافة فروق الضغوط ما بين الصفر المطلق والضغط الجوى (١,٠١٣ بار) لا يمكن الاستفادة منها نظرا لأن كل السوائل عندما تصل الى ضغط معين تحت الضغط الجوى فأنها سوف تبدأ فى الغليان، ولا يمكن ضخها نظرا لتكون غازات تعترض تشغيل المضخة (انسداد غازى) ويعرف الضغط الذى يحدث عنده تلك الظاهرة (تكون الغازات) باسم ضغط البخار للسائل، ويمثل أقل ضغط مطلق يمكن حدوثه عند مدخل (سحب) المضخة فى الحالة المثالية .

وعموما فليس هناك مضخة مثالية، ولذلك فيلزم فى الناحية العملية بعض العلو (الرأسى) أكبر من ذلك العلو الذى يغلى عنده السائل ليتغلب على الإحتكاك الداخلى فى المضخة، ويسمى هذا العلو (الرأسى) اللازم عندئذ باسم رأس الشفط الموجب الصافى (ر. ش. م. ص.)، وبتعبير

أخر نستطيع أن نعتبر (ر. ش. م. ص.) هو الفرق بين أقصى علو (رأسى) شفط نظرى، وأقصى علو (رأسى) فعلى خاليا من التكهف .



شكل ٥ ـ ٣٣ : توضيح معنى رفع الشفط الموجب الصافى

« ر. ش. م. ص.»

ويمكننا من الشكل (٥ ـ ٣٣) أن نستنتج المعادلة التالية :

هـ (ف) = هـ (أ) − هـ (ب) ـ ر. ش. م. ص.ـ هـ (حـ)

هـ (ف) = المسافة الفعلية من مركز المضخة إلى أقل مستوى للسائل ويمكن أن تشفط منه المضخة أى أقصى رفع (يجوز أن يكون هذا المستوى فوق مركز المضخة أو أسفله) .

هـ (أ) = العلو (الرأسى) المناظر للضغط المطلق على سطح السائل الذى تسحب منه المضخة (الضغط الجوى فى الظروف المعتادة).

هـ (ب) = ضغط البخار للسائل بعد تحويله لما يناظره من علو (رأسى) بالامتار .

هـ (حـ) = الفقد فى العلو (الراسى) بسبب الاحتكاك فى خطوط الشفط.

ونستطيع بتغيير حدود هذه المعادلة أن نتبين التأثير الخاص بها على تشغيل المضخة، فنجد أن الزيادة فى (هـ ب) وهو ضغط البخار للسائل سوف تقلل من (هـ ف) كما وأن زيادة (هـ ب) أكثر من اللازم يستوجب ضرورة وجود ر. ش. م. ص. زائد لتشغيل المضخة .

كذا فان انخفاض معدل التدفق سوف يقلل من (ر. ش. م. ص.) ويقلل من (هـ حـ) (فقد الاحتكاك)، ونتيجة لذلك فسوف تتحسن مقدرة الرفع فى المضخة كما وأن زيادة الضغط فى الشفط سوف يزيد من (هـ ب) وتحسن المقدرة على الرفع .

فإذا كانت المحطة مجهزة بمنظومة تدفق طليق (أى عدم وجود خط للسحب من الناحية العملية) فسوف تنعدم قيمة (هـ ب) .

أما اذا كانت هناك مضختان تقومان بالسحب من خط شفط واحد فان (هـ ف) سوف تزداد بشدة حيث انه بزيادة معدل التدفق تعنى زيادة الاحتكاك فى خط المواسير .

٥ ـ ١١ التكهف :

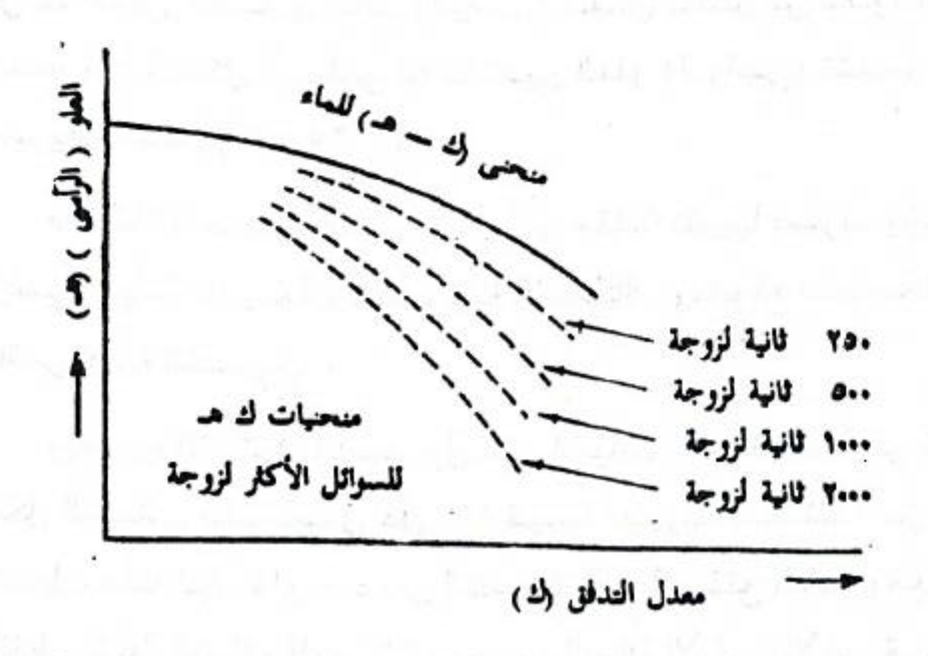
اذا دارت المضخة دون مراقبة، فربما ينخفض الضغط عند مدخلها إلى ريش الدفاعة لما تحت ضغط البخار للسائل، وسوف تتكون فى البداية فقاعات غازية، وعندما تنتقل تلك الفقاعات الى منطقة زائدة الضغط داخل المضخة فسوف تتهاوى هذه الفقاعات (تتقوض وتنفجر)، فاذا ما حدث هذا الانفجار على المعدن الفعلى للمضخة فسوف تكون الصدمة شديدة على سطح المعدن، وتعرف هذه الظاهرة باسم التكهف، ويعرف التلف الناشئ من صدم الفقاعات باسم نقر التكهف، وفى الممارسة الفعلية فان هذه الظاهرة غير شائعة لدرجة كبيرة، ولكننا نستطيع أن نتبين تأثيرها قرب أطراف ظهر ريش الدفاعة أى على الوجه الخلفى لدفع السائل .

فاذا استمر انخفاض الضغط عند مدخل المضخة، فسوف يكون نتيجة لذلك تكون الغازات بكمية كبيرة والتى يمكنها أن تعترض نمط التدفق، ويقال أن المضخة قد أصابها سد غازى ، فتفقد عصرها للسائل وتدور مسرعة للغاية .

ويمكننا أن نكتشف حالة التكهف مما يصاحب التشغيل من صوت الزئير المميز، وعندئذ يستحسن أن نقوم بغلق الطرد جزئيا لمعالجة الموقف.

٥ ـ ١٢ تأثير اللزوجة على خصائص المضخة المركزية :

تتحقق المنحنيات الموضحة للمضخة المركزية باعتبار أن سائل الاختيار هو الماء، وتنطبق نفس المنحنيات على أى سائل أخر له نفس اللزوجة (حتى وإن اختلفت كثافته النوعية)، ولكن اذا تغيرت اللزوجة (زادت مثلا) فسوف تؤثر بلا شك على أداء المضخة، فاذا احتفظنا بنفس سرعة المضخة فسوف يقلل العلو (الرأسى) الذى تستطيع تحقيقه بسبب زيادة الاحتكاك الداخلى الذى يقلل من سرعة السائل .



شكل ٥ ـ ٣٤ : تأثير اللزوجة على أداء المضخة

ونتيجة لزيادة مفقودات الاحتكاك لدرجة أكبر فى خط الشفط فسوف يقلل من الضغوط عند مدخل المضخة، ولكن من وجهة نظر السحب فان هذا التأثير يوازى انخفاض ضغوط البخر للسوائل ذات اللزوجة العالية .

٥ ـ ١٣ المنحنيات الخصائصية للمضخة المركزية :

تعطينا منحنيات الأشكال البيانية صورة عن العلاقة بين العلو (الرأسى) والقدرة (الفرملية) والجودة، والسعة (كمية التصريف)، ومن المعتاد أن يقوم صانع المضخة بتوريد مثل هذه الأشكال البيانية وهى ناتجة عن اختبارات صحيحة للمضخة .

ونجد أن خصائص التشغيل للمضخة المركزية هى العلاقة بين العلو الرأسى والسعة (كمية التصريف) عند سرعة ثابتة، وعلى ذلك يطلق اسم المنحنى الخصائصى للمضخة على الشكل البيانى الذى يوضح تلك العلاقة. ويجرى تخطيط هذا المنحنى على أساس أن يكون المحور السينى ممثلا لكمية التصريف (السعة) باللتر أو المتر المكعب فى الدقيقة، بينما يمثل لنا المحور الصادى العلو (الرأسى) مقدرا بالمتر من عمود السائل. ويتضح من الشكل البيانى انه اذا تغير العلو (الرأسى) تتغير كمية التصريف، شكل (٥ ـ ٣٥) .

فاذا اغلقنا محبس التصريف أو كان مقفلا تقريبا فسوف يزيد العلو (الرأسى) زيادة طفيفة وذلك لزيادة الاحتكاك، ونتوقع نتيجة لذلك أن تتناقص كمية التصريف .

ويجرى الاختبار للحصول على البيانات المستخدمة فى تخطيط الشكل البيانى بالحصول على ١٢ قيمة لظروف مختلفة من ظروف التشغيل، مبتدئين بغلق محبس التصريف الى أن يفتح تماما، ومع مراعاة أن تغطى كافة النتائج المدى المتوسط بين الحالة الأولى والأخيرة، ويجرى بيع المضخة على أساس نقطتين هامتين فى هذا المنحنى البيانى، تبين احدهما احسن ظروف مزدوجة للعلو (الرأسى) والسعة (كمية

التصريف)، ولابد أن تتطابق هذه النقطة مع أعلى نقطة فى منحنى الجودة، وتحدد لنا النقطة الثانية الجودة المضمونة .

ويتم فى العادة تكملة الشكل بالبيانات اللازمة عن طراز المضخة وحجمها وقطر الدفاعة (المروحة) واللفات فى الدقيقة .. الخ .

ويراعى أن منحنى العلو والسعة ينحدر تدريجيا من اليسار إلى اليمين ويبين أن كمية التصريف تزيد كلما قل العلو .

ويبين تقاطع هذا المنحنى مع خط انعدام التصريف قيمة العلو الرأسى الناشئ عندما يغلق محبس التصريف، ويلاحظ أن التأثير المعتاد لغلق محبس التصريف هو زيادة قدرها من ١٥ إلى ٣٠٪ فوق العلو المعتاد فى ظروف التشغيل العادية .

وقد يكون للمضخة خصائص شديدة الانحدار أو منبسطة نسبيا، ويعتمد ذلك على تصميم الدفاعة، ولكن فى أى الحالات لابد أن يكون المنحنى مستمر التصاعد من نقطة أقصى تصريف، إلى نقطة انعدام التصريف، ويراعى أنه كلما اقترب منحنى العلو والتصريف من حالة أقصى التصريف فان السرعة فى عين الدفاعة تصبح مرتفعة جدا بحيث يسقط منحنى التصريف والعلو فجأة فى اتجاة رأسى، شكل (٥ ـ ٣٥).

ويلاحظ أن المنحنى الذى يبين القدرة للعمود أو القدرة اللازمة لتدوير المضخة ينحنى فى اتجاه أعلى من اليسار إلى اليمين وذلك عكس انحدار منحنى العلو والسعة بحيث يراعى أن أدنى نقطة فى منحنى القدرة تكون عند وضع الغلق النهائى، ويكون عمل المضخة حينئذ هو مجرد الامساك بالماء فى الجزء ما بين المضخة ومحبس التصريف ، ولا يستلزم أى قدرة لدفع الماء خلال خطوط الدورة .

وهنا نجد أن تأثير غلق محبس التصريف على مضخة مركزية هو انقاص القدرة اللازمة من ٥٠ إلى ٦٠٪ من القدرة المعتادة لتشغيل المضخة

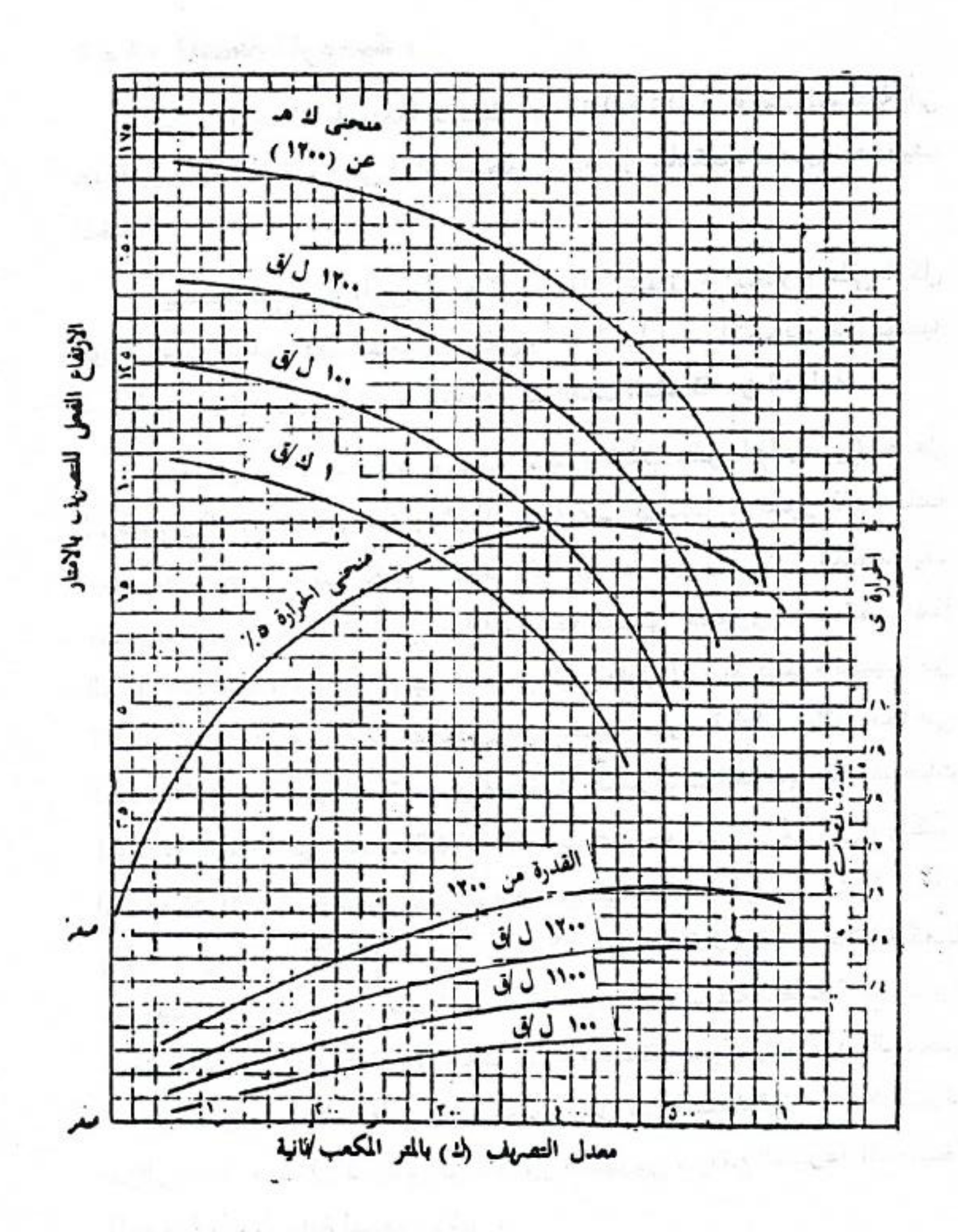
فى الظروف العادية، ويلاحظ فى أقصى اليمين، حيث يبدأ انخفاض العلو (الرأسى) مثل زيادة السعة، أن لها نفس التأثير وهو انقاص القدرة المطلوبة ويتبين بوضوح من هذه الخصائص أن المضخة المركزية تعتبر حملا سهلا على محرك التدوير خصوصا عند بدء التشغيل ومحبس التصريف مغلق .

فهى لا تسبب تجاوز التحميل عليه تحت مختلف ظروف التشغيل ، سواء بانسداد فجائى فى خط التصريف، أو انكسار الخط، كما أن اللى المطلوب لبدء التدوير صغير نسبيا، وبما أن المضخة المركزية تعتبر مكنة تدفق أكثر منها مكنة ضغط كما هو الحال فى المضخة الترددية، لذلك فهى تعطينا حمل تشغيل انسيابى خاليا من الصدمات .

ويبدأ منحنى الجودة من الصفر عند العلو (الرأسى) الأقصى، ويوالى تصاعده إلى أعلى نقطة عند ظروف التشغيل المعتادة، ثم يبدأ فى الهبوط طالما بدأ العلو فى التناقص بصورة أسرع من تزايد السعة (كمية التصريف)، ويجب أن تقع أعلى نقطة عند ظروف التشغيل المعتادة، ثم يبدأ فى الهبوط طالما بدأ العلو فى التناقص بصورة أسرع من تزايد السعة (كمية التصريف) .

ويجب أن تقع أعلى نقطة فى منحنى الجودة على نفس الخط الرأسى المار بنقطة التشغيل المتوقع على منحنى العلو والسعة، ومن المرغوب أن يكون منحنى الجودة منبسطا نسبيا خلال مدى متسع لكميات التصريف المتقاربة .

ويراعى أن المضخة التى لها منحنى جودة منبسط نسبيا خلال مدى كبير من ظروف التشغيل يجعل المضخة اكثر تلاؤما مع ظروف التشغيل المتفاوتة .



شكل ٥ ـ ٣٥ : المنحنيات الخصائصية لمضخة مركزية (قطرية)
عند مختلف السرعات

٥ ـ ١٤ المضخة المروحية :

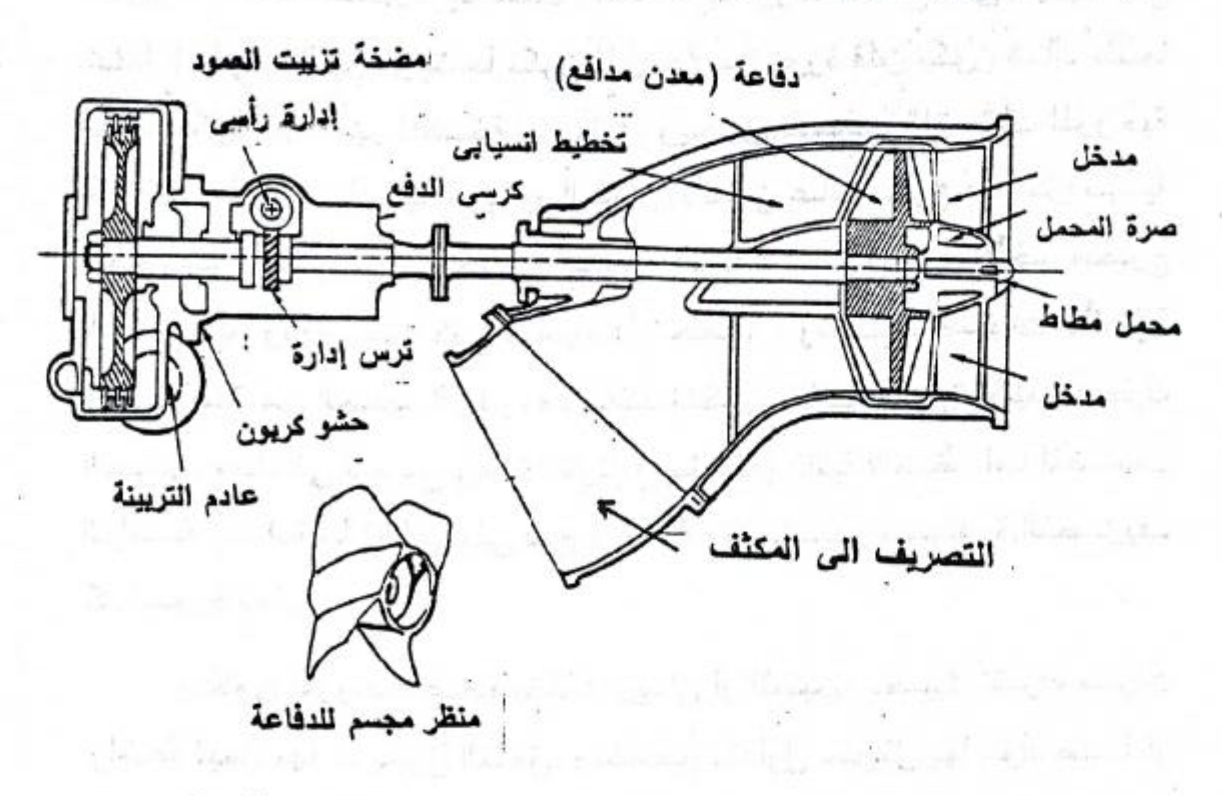
تتكون المضخة المروحية الحديثة من دفاعة تشبه رفاص السفينة إلى حد كبير، بحيث تدور فى قراب اسطوانى يعمل كامتداد لعمود تصريف المضخة .

ويستخدم تحت المروحة مدخل منفاخ (مفتوح للخارج على شكل بوق) وذلك لتقليل فقد الدخول، شكل (٥ ـ ٣٦ أ) كما توجد ريش توجيه مستقيمة فوق المروحة لتسبب نعومة الدوامات الناشئة من الدفاعة .

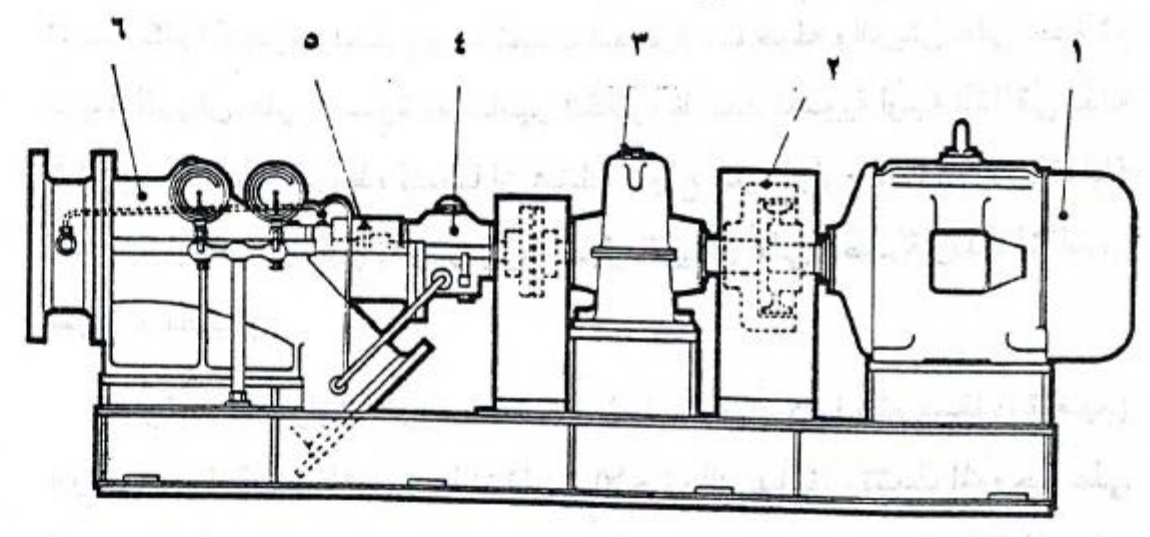
ويراعى أن المضخة المروحية تنشئ أغلبَ علوها (الرأسى) بفعل الرفص أو الدفع الناشئ عن ريش المروحة على السائل، وتكون ذات دفاعة مفردة المدخل بحيث يكون التدفق الداخل محوريا ويكون التصريف محوريا تقريبا، لذلك تسمى أحيانا مضخة التدفق المحورى. ونستخدم هذا الطراز من المضخات على وجه الخصوص لتداول أحجام كبيرة نسبيا من السائل ضد علو منخفض نسبيا وعند سرعة دورانية أعلى بكثير مما هى للمضخات المركزية المعتادة، ويلاحظ أن السرعات النوعية للمضخات المركزية المعتادة مزدوجة الشفط لا تزيد عن حوالى ٤٠٠٠ ل/ق ، ولكن المضخات المروحية تكون سرعتها النوعية عادة أعلى من ٩٠٠٠ ل/ق، ولتوضيح ذلك بالمثال نفرض أن سعة التصريف المطلوبة ٣٠ مترا مكعبا فى الدقيقة، والعلو ١٢ مترا، فسوف نجد أن سرعة المضخة المروحية المناسبة تكون ١١٦٠ لفة/ق بينما تلزم مضخة مركزية مفردة السحب تعمل بسرعة ٣٦٠ لفة/ق. ونستخدم لكل من المضختين محركا قدرته حوالى ١٠٠ حصان قدرة ولكن المرتور الكهربى مرتفع السرعة للمضخة المروحية يكون عادة أصغر بكثير .

ويتضح من ذلك أن ارتفاع السرعة المتلازمة للمضخة المروحية يعتبر ميزة محققة، اذ أن الموتور مرتفع السرعة يكون أصغر لنفس القدرة، ولذلك يكون ثمنه أقل فى العادة، وينبغى فى كافة الأحوال أن تكون وحدة الضخ المكونة من المروحة والقراب مغمورة عند التشغيل، ولكن هناك

بعض الوحدات المستخدمة ولها تركيبات أفقية بحيث يرتفع موضع المروحة ٤,٥ أمتار فوق سطح السائل المرغوب ضخه .



شكل ٥ ـ ٣٦ أ : مضخة تدفق محورى بإدارة تربينة بخار



١ـ موتور كهربى ٢ـ قارنة احتكاكية

٣ـ صندوق التروس ٤ـ محمل دفع

٥ـ قارنة مصمتة ٦ـ مضخة محورية منعكسة الدوران

(شكل ٥ ـ ٣٦ ب : ترتيب الإدارة لمضخة محورية)

ويراعى على أية حال أن المضخة المروحية ذات دفاعة مفتوحة وأن هذا الطراز من المضخات لا يتناسب تماما مع ظروف الضخ التى فيها رفع شفط (علو سالب)، وعندما تكون المروحة مغمورة فلن يكون هناك طبعا أية مشاكل لتحضير المضخة المروحية، ويجرى تصميم المضخات المروحية إما أفقية وإما رأسية، ويزود الطراز الأفقى عادة بكوع عند كل نهاية للمضخة، ويكون أحد الكوعين مدخل الشفط بينما يكون الآخر مخرج التصريف، ويزود كل كوع بمسند للتحميل، وتركب المضخات الأفقية على قاعدة من الحديد الزهر، قد تمتد لتكون ما يسمح بتركيب محرك التدوير، وبالتالى تصبح وحدة متينة (جاسئة) ذاتية الحفظ، أما المضخات الرأسية فعادة ما تعلق على لوح أرضية وتستخدم ماسورة التصريف كماسورة تعليق .

وتكون المروحة عادة بثلاث ريش أو اثنتين، بحيث تترك ممرات واسعة ليس بها ما يعوق التدفق، ولتسمح بتداول سوائل بها مواد صلبة أو أحجار .. الخ بدون أن تنسد، ويستخدم البرونز فى صنع المروحة، وقد تصب كلها كجزء واحد وربما تصب الصرة منفصلة والريش على حدة ثم تربط الريش على الصرة بمسامير القلاووظ بعد تسوية أوجه التلاقى بدقة تناسب متانة الربط، كما أن هناك أنواع من المراوح ذات الريش قابلة التعديل بحيث يمكن تغيير زاوية ميل الريش على الصرة وذلك لتناسب ظروف التشغيل .

وتجرى موازنة المروحة ايدروليا واستاتيا، كما يتم صقل (تنعيم) الريش بعناية ومراشمتها لتقليل الاحتكاك عادة. وتثبت المروحة على العمود بواسطة خابور وكتف زنق وصامولة، وعادة ما يركب غطاء على شكل مخروطى فوق صامولة الربط لتقليل التيارات الدوامية ولتمنع دخول الرمل أو الأقذار فى المحامل السفلية للمضخة، ويتم تصميم مروحة المضخة بالقطاعات الهندسية بنفس المنهج المستخدم لرفاصات السفن أو مروحة الطيارة .

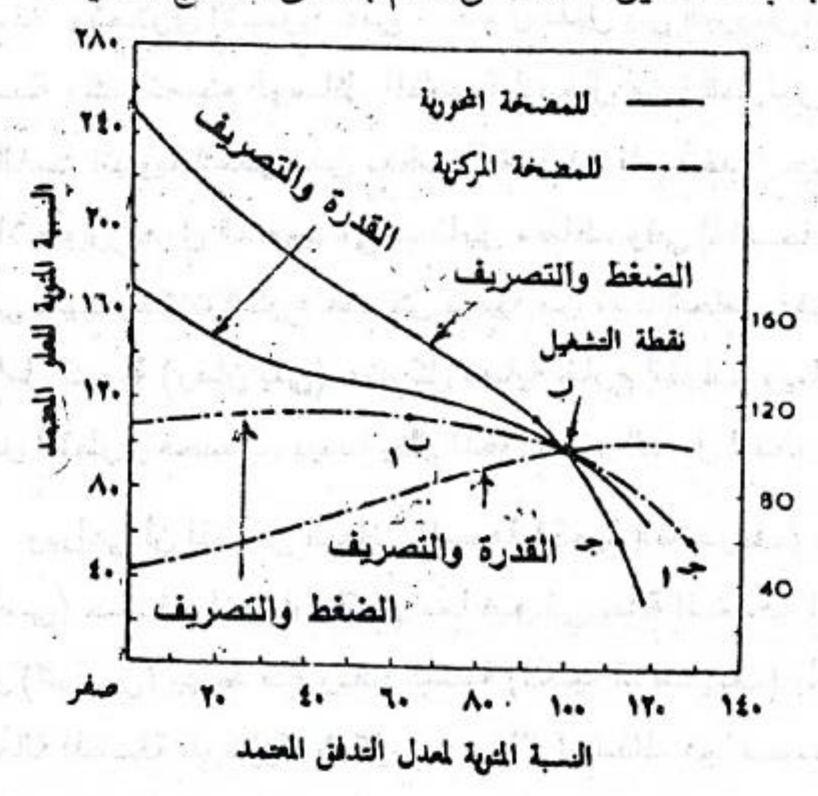
ويراعى أن قراب المضخة المروحية سواء كانت أفقية أو رأسية يمكن تفكيكه فى مستوى خط المركز لعمود الادارة، كما يمكن فصله عن عمود التصريف بتوصيله على زاوية قائمة بالنسبة للعمود، وفى هذه الحالة قد يتكون قراب المضخة فى حد ذاته إما من صبة أو من صبتين. وفى كل من الحالتين يتم حماية القراب حول المروحة فى بعض المضخات بواسطة جلبة أو بطانة يمكن تغييرها أو تجديدها عندما تبلى أو يحدث فيها نقر من التكهف، ويصبح من اللازم استبدالها، ويلاحظ أن ريش التوجيه على جانب التصريف للدفاعة قد يمكن اسنادها على الجلبة أو البطانة كما يجوز تركيبها فى القراب ذاته .

ويصنع عمود المروحة فى العادة من سبيكة فولاذ مطروق، ويكون محاطا بأنبوبة العمود لحمايته من فعل السوائل والمواد التى تتداولها المضخة. وتحتوى الأنبوبة على محامل دليل من البرونز فى التركيبات الرأسية ، كما تصنع الوسائل المناسبة لإدخال مادة التزليق إلى الأنبوبة ، وقد الغيت انبوبة العمود من بعض المضخات المستخدمة حاليا، وفى مثل تلك الأحوال يعمل العمود فى محامل مطاط، وفى المضخات ذات العمود الأفقى حيث يمكننا الكوع عند كل ناحية من سد الحامل فقد يزود العمود بمحامل كروية (رمان بلى) عند كل نهاية خارج القراب. وينال أحد المحامل الحمل القطرى فحسب، بينما ينال المحل الآخر الحمل القطرى والدفع .

ويراعى أن المنحنى البيانى للسعة (كمية التصريف) بالنسبة للعلو (الرأسى) حاد فى انحداره اكثر مما هو فى حالة المضخة المركزية أى أن العلو (الرأسى) يهبط مع زيادة السعة (كمية التصريف) بأسرع مما يقل فى حالة المضخة المركزية، شكل (٥ ـ ٣٧)، لذلك فما ننصح به من وجهة نظر الجودة (الكفاية) أن يكون بدء تشغيل المضخة المروحية فى حالة «غلق تام» .

كذلك نجد أن المنحنى البيانى للقدرة الحصانية الفعلية بالنسبة للعلو (الرأسى) يميل لأسفل كلما نقص العلو وذلك عكس المنحنى البيانى للقدرة فى المضخات المركزية وعلى ذلك نتبين أن القدرة المطلوبة تزيد فى المضخة المروحية كلما زاد العلو وقلت السعة، بينما تقل القدرة المطلوبة فى المضخة المركزية كلما زاد العلو مع نقص السعة (كمية التصريف) كذلك.

ويراعى أن العلو (الرأسى) الزائد الذى ينتج عنه «الغلق التام» فى المضخة المروحية يتطلب تركيب محرك كبير بدرجة كافية اذا توقعنا وجود تراوحات كبيرة فى علو (رأسى) الضخ، وعند تركيب مضختين مروحيتين تعملان على التوازى بحيث يمكن أن تقوم احداهما بضخ نفس الحمل على التبادل فليس من الضرورى أن تدار احداهما ومحبس تصريفها مغلق عند الرغبة فى تحويل الحمل من واحدة إلى الأخرى، ويمكن تجنب التشغيل عند الغلق التام بأحدى المناهج التالية :

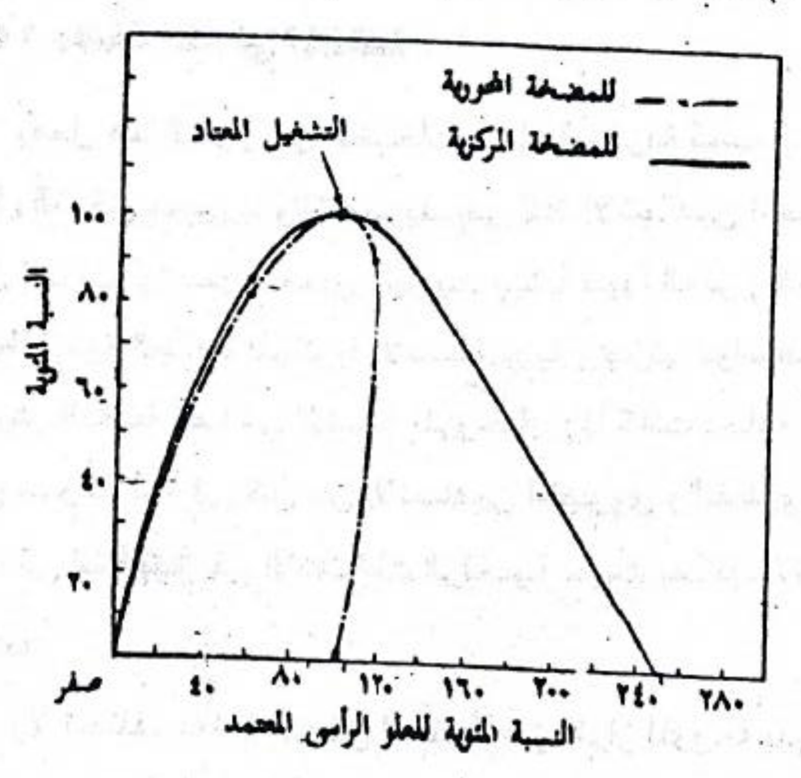


شكل ٥ ـ ٣٧ : المنحنى الخصائصى للمضخة المروحية (المحورية) مقارنا بالمضخة المركزية

١ـ بتركيب ممر تحويل من خط التصريف الى المدخل، ويمكن عندئذ أن يمر تصريف المضخة الخاملة خلال ممر التحويل إلى أن يتحقق تدفق كافٍ بحيث يسمح بفتح محبس التصريف وغلق ممر التحويل، ويكون فى حالة التدوير وتشغيل المحابس بالموتورات أن تتواشج (تعشق بتنظيم تتابعى) بحيث يفتح ممر التحويل وتدار المضخة ويفتح محبس التصريف الرئيسى ثم يغلق ممر التحويل على التتابع تلقائيا .

٢ـ وعند استخدام محركات كهربية بتيار مستمر، فمن الممكن تدوير المضخة عند سرعة منخفضة، ويكون محبس التصريف مغلقا ثم تزاد السرعة تدريجيا مع فتح محبس التصريف .

وتحقق المضخات المروحية كفاية (جودة) تصل إلى ٩٠ فى المائة عند تشغيلها تحت الظروف المرعية، أى عند اختيار أحوال التشغيل بالنسبة للعلو (الرأسى) والسعة (كمية التصريف) المقابلة لقمة منحنى الجود(الكفاءة) البيانى، راجع شكل (٥ ـ ٣٥) .



شكل ٥ ـ ٣٨ : منحنى الجودة (الكفاءة) بالنسبة للعلو

ولكن يراعى أن الجودة تهبط بسرعة عند تغيير العلو (الرأسى) أو التصريف. ويتم تصميم الريش فى بعض المراوح بحيث يمكن تغيير زاوية الاقتحام (الدخول) لعلاج العيب السابق. ويمكن بهذه الوسيلة تثبيت التصريف بينما يتغير العلو (الرأسى) فى مدى متسع، كذلك يمكن تثبيت العلو بينما يتغير التصريف وذلك دون التأثير الشديد على جودة (كفاية) المضخة المروحية .

ويتم تدوير المضخات المروحية طراز العمود الأفقى بواسطة المحركات الكهربية أو التربينات أو محركات الديزل المربوطة مباشرة بالعمود. كما أنه من الجائز استخدام تروس تقليل السرعة .

كذلك تستخدم المحركات الكهربية أو التربينات فى تدوير الطراز الرأسى وتستخدم المضخات المروحية حيث تتطلب سعة «كمية تصريف» كبيرة وعلو (رأسى) منخفض، ويراعى انها ذاتية التحضير ولا يتأثر تحضيرها بالتراوحات البسيطة فى رأس (علو) التشغيل .

٥ ـ ١٥ مضخة التدفق المختلط :

يعمل هذا الطراز من المضخات بدفاعة مفردة السحب ، بحيث يكون مدخل التدفق محوريا والتصريف فى كلا الاتجاهين المحورى والقطرى بداخل القراب، وتعمل مغمورة بحيث ينشأ فيها العلو (الرأسى) جزئيا بواسطة القوة الطاردة المركزية الاصطلاحية وجزئيا بواسطة الرفع الناشئ من ريش الدفاعة كما فى المضخة المروحية، ولما كانت دفاعة التدفق المختلط تنشئ حركة الماء فى كل من الاتجاهين المحورى والقطرى، فإنها تكون انسب فى التطبيق فى الإنشاءات الرأسية حيث يمكنها دفع الماء للخارج ولأعلى.

ولا تختلف دفاعة التدفق المختلط عن طراز المروحة بدرجة ملموسة، شكل (٥ ـ ٣٩)، وعادة ما يزيد عدد الريش بزيادة حجم المضخة، ولكن

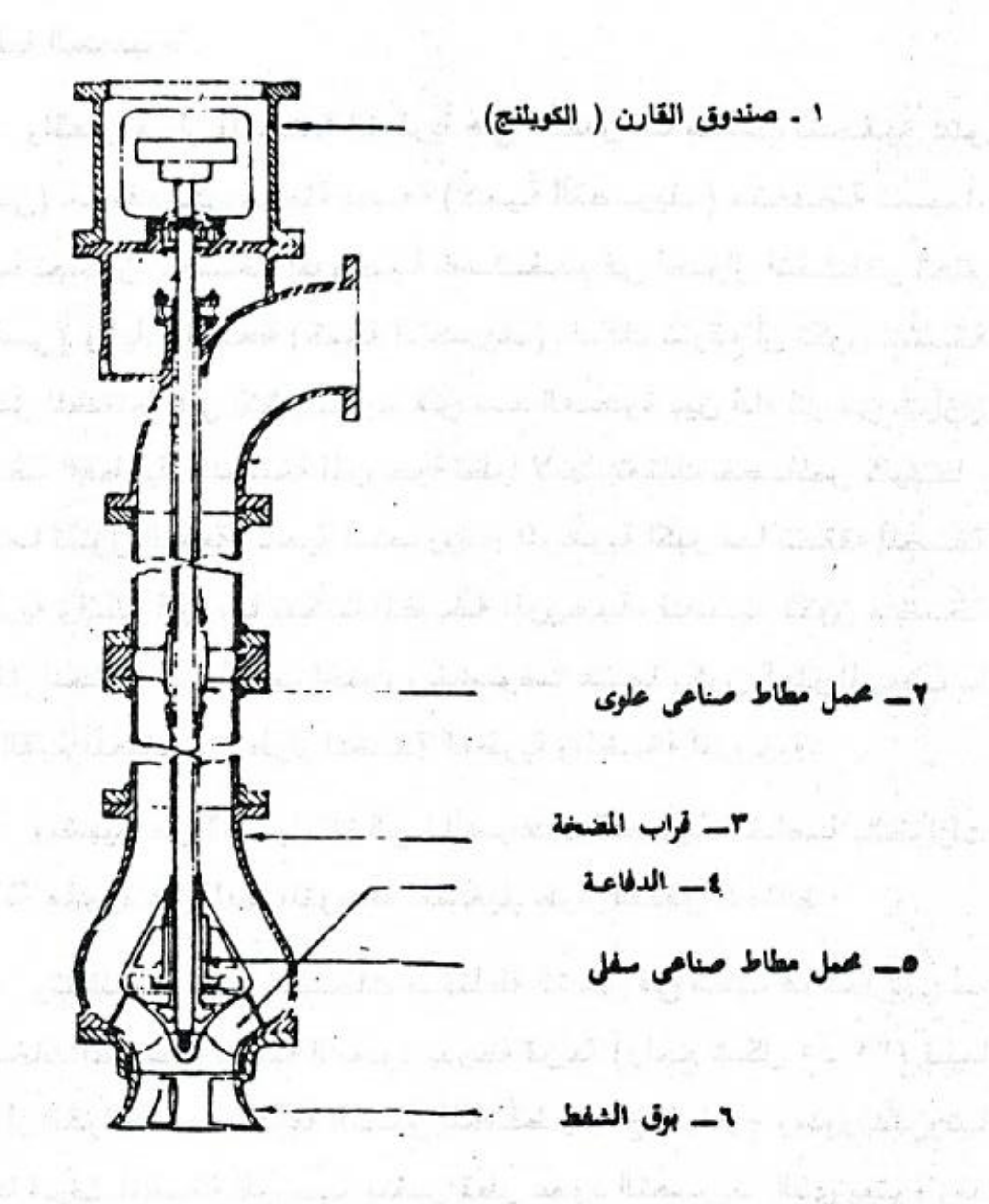
حتى فى الأحجام الصغيرة تكون الممرات قادرة على تمرير الأجسام الصلبة الصغيرة .

والمعروف أن المضخة القطرية هى أحسن ما يناسب لتحقيق علو (رأسى) مرتفع لكل مرحلة بسعة (كمية التصريف) منخفضة نسبيا، بينما نجد أن المضخة المروحية تستخدم فى أحوال انخفاض العلو (الرأسى) وزيادة السعة (كمية التصريف)، لذلك نتوقع أن تكون مضخة التدفق المختلط هى أكثر ما يحقق سد الفجوة بين أداء كل من طرازى المضخة القطرية والمضخة المروحية نظرا لأنها تمتلك خصائص كليهما ، فعندما تكون السعة (كمية التصريف) المرغوبة أكبر مما تحققه المضخة القطرية ولكن أقل مما تمكننا المضخة المروحية، فعندئذ تكون مضخة التدفق المختلط هى أنسب اختيار، خصوصا عندما يكون العلو المرغوب ما بين القيم المعتادة من طراز المضخة القطرية والمضخة المروحية.

ونتبين من الجدول التالى للسرعات النوعية الخاصة بالطرازات الثلاثة صورة عن المدى المتوسط لتشغيل طراز التدفق المختلط :

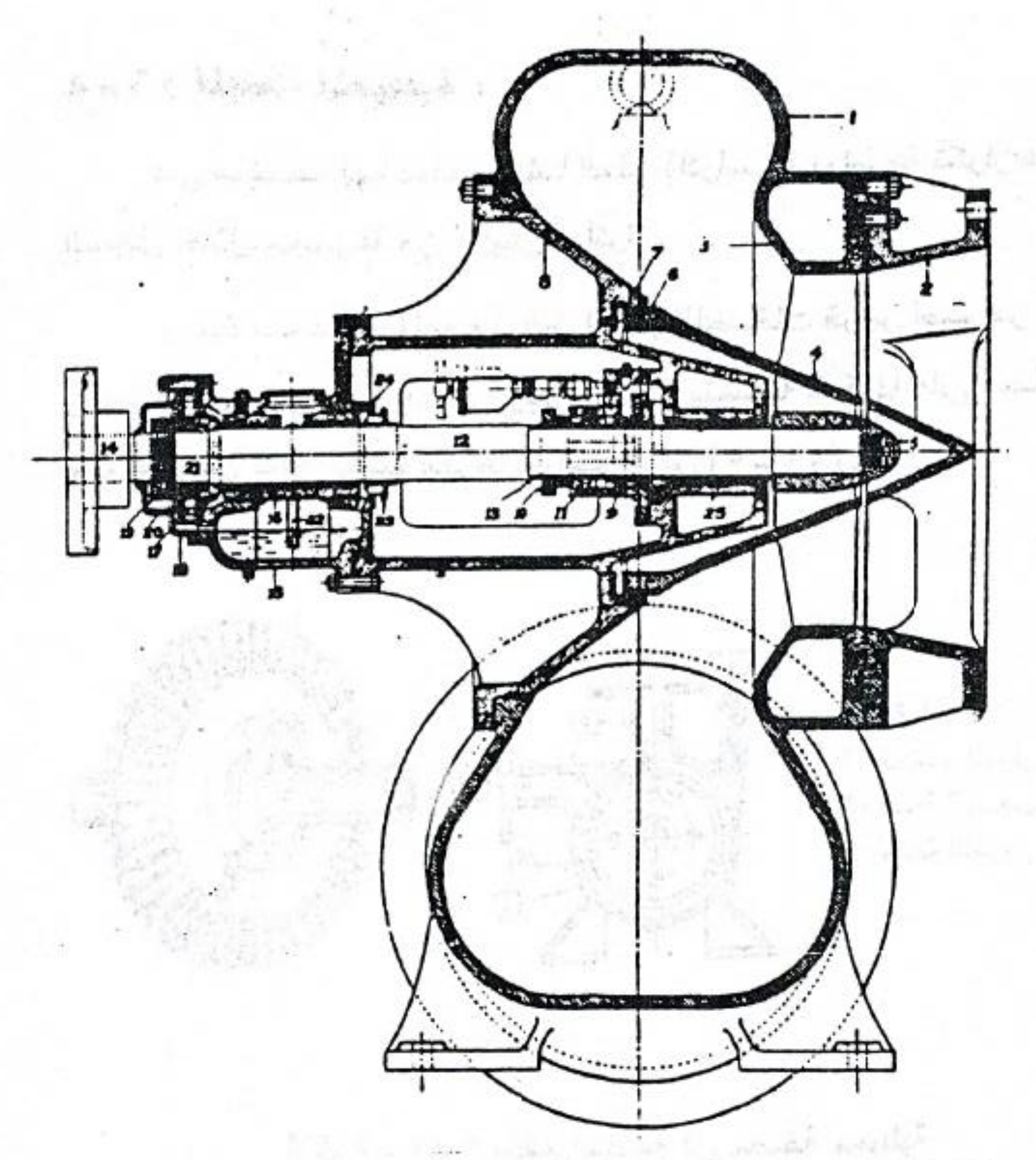
وتتشابه بعض المضخات مختلطة التدفق فى مظهرها الخارجى مع المضخات المروحية رأسية العمود بدرجة قريبة (راجع شكل ٥ ـ ٣٩) فيما عدا أن القراب حول دفاعة التدفق المختلط ينبعج للخارج ويدور حلزونيا بينما قراب المضخة المروحية بنفس قطر عمود التصريف الذى يعلوه وقد يكون أو لا يكون قراب التدفق المختلط محتويا على ريش توجيه. وفى كلتا الحالتين فإن وظيفته هى تحويل جزء من السرعة الناشئة عن الدفاعة (والتى تكون قطرية) الى تدفق محورى ليساير جزء التدفق المحورى الناشئ عن الدفع من الريش .

بينما يراعى أن المضخة المروحية لا تحتاج إلى القراب الهلالى إذ أن التدفق فيها محورى تماما .



شكل ٥ ـ ٣٩ : مضخة التدفق المختلط (المحورى والقطرى)

الطـــراز	السرعة النوعية
قطرية (مفردة السحب)	حتى ٤٠٠٠
تدفق مختلط	٤٠٠٠ ـ ٩٠٠٠
مروحيـــة	أكثر من ٩٠٠٠



١- قراب المضخة.

٢- قرص الشفط.

٣- حجاب قرص الشفط.

٤- رفاص (مروحة).

٥- صامولة المروحة.

٦- غويشة تآكل الرفاص.

٧- غويشة تآكل قرص الصرة.

٨- قرص الصرة.

٩- صندوق حشو.

١٠- حابك (جلاند).

١١- حلقة حبك.

١٢- عمود المضخة.

١٣- جلبة لعمود المضخة.

١٤- قارنة .

١٥- جسم المحمل (الكرسي).

١٦- سبائك الكرسي.

١٧- تجميعية كرسي الدفع.

١٨- غطاء كرسي الدفع.

١٩- صامولة زنق كرسي الدفع.

٢٠- فلقة (وردة) الدفع.

٢١- جلبة الدفع.

٢٢- حلقة زيت.

٢٣- كتف (تحميل).

٢٤- حارس الزيت.

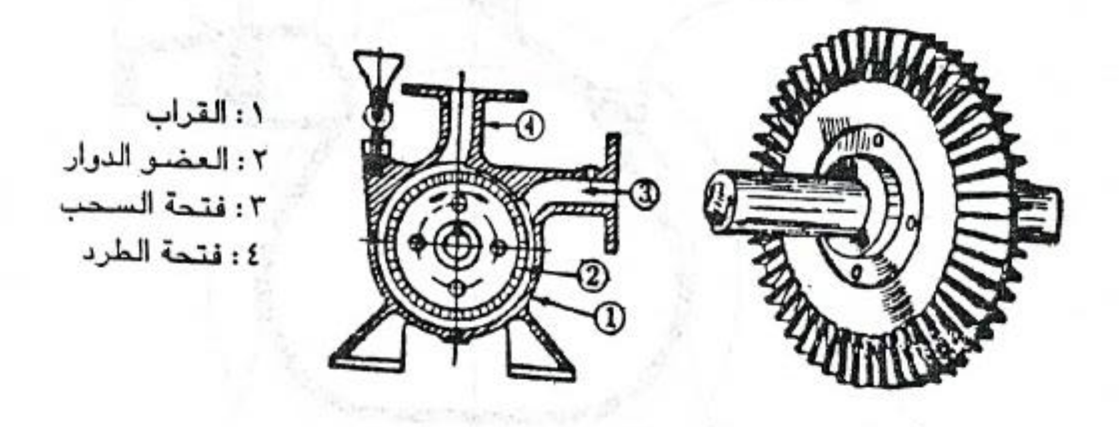
٢٥- محمل (كرسي) داخلي.

شكل ٥ - ٤٠ : الأجزاء الداخلية للمضخة التدفق المختلط

٥ ـ ١٦ المضخة المحيطية :

هى مضخة لها دفاعة تنشأ العلو (الرأسى) بواسطة تكرار مداولة السائل خلال مجموعة من الريش الدائرة .

وعادة ما تكون دفاعة هذا الطراز من المضخات قرص أصم من قطعة واحدة يتكون فيه العديد من الريش بحيث يتشابه شكلها على الجانبين، وتوجد على كافة محيط القرص، راجع شكل (٥ ـ ٤١) :



شكل ٥ ـ ٤١ : مقطع الدفاعة فى مضخة محيطية

ويكون تشغيلها فى الضخ عن طريق ادخال الماء من فتحة الشفط الى ريش الدفاعة قرب جذور الريش، ومنها يتدفق السائل خلال الريش فى اتجاه أطرافها على محيط الدفاعة بفعل القوة الطاردة المركزية الناشئة من دوران الدفاعة «والدوامات الحادثة» وتنال أثناء هذا التدفق صدمات من الريش التى تحملها تجاه فتحة تصريف المضخة. وعندما يترك السائل دفاعة المضخة عند أطراف ريشها فسوف يتدفق فى قنوات المضخة أو الفراغ المحيط بالدفاعة، وتتشكل تلك القناة بحيث توجه السائل ثانية الى جذور الريش (ريش الدفاعة التى تليها)، وبالتالى فهى تكرر المداولة لتنال زخما (قوة دافعة) متزايدا فى اتجاه مخرج (فتحة) التصريف .

وتضيف كل ريشة يتكرر مداولة السائل بها طاقة اضافية له، وعندما يمضي الوقت للمرور من مدخل الشفط الى مخرج التصريف يكون السائل تكرر مداولته عدة مرات وحقق علوا (رأسيا) مرموقاً .

ويعتمد عدد مرات مداولة السائل خلال الريش على قيمة العلو (الرأسى) التى تعمل المضخة ضده. فاذا كان من الممكن، على سبيل المثال وإن كان خطأ، تشغيل المضخة ومحبس التصريف مغلق فسوف يتداول السائل خلال الريش أقصى عدد من المرات .

وعند تشغيل المضخة ضد علو (رأس) مقداره صفر بحيث تكون ماسورة التصريف مفتوحة الطرد للجو مباشرة فسوف تكون مداولة السائل لأقل عدد من المرات. وتوفر لنا هذه التكيفية امكانية تصريف ثابت السعة (تقريبا) على مدى واسع من العلو (الرأسى). كذلك يراعى أن القدرة المطلوبة لتشغيل المضخة تزداد لأقصاها فى حالة الغلق (أقصى علو رأسى) وهى الحالة التى تعطينا اقصى مداولة للسائل، وعندما يتصرف الماء من المضخة تكون كمية المداولة اقل وعلى ذلك تقل القدرة المطلوبة، فإذا ازداد العلو (الرأس) تزداد القدرة .

وبالنسبة لهذه الخاصية فى نقص القدرة كلما نقص العلو (الرأس) فلا يمكن أن تسبب المضخة المحيطية زيادة (تجاوز) التحميل على المحرك فى أى تشغيل بشرط أن يكون محرك التدوير المستخدم بقدرة كافية لتشغيل المضخة ضد أقصى علو (رأس) للتصريف يمكن أن تتعرض له المضخة.

ويراعى أن خصائص مقدار العلو (الرأس) للمضخة المحيطية هو عكس خصائص المضخة-المركزية القطرية التى يصاحبها نقص العلو كلما زادت سعة التصريف للمضخة، والتى من خصائصها نقص القدرة المطلوبة للحد الأدنى فى حالة الغلق «أقصى علو رأسى» والتى تزيد فيها القدرة المطلوبة تدريجيا كلما زاد العلو (الرأس) وازدادت سعة التصريف ،

كما نجد أن المضخة المحيطية موجبة إلى حد بعيد فى ازاحتها حتى لا يجوز السماح بغلق محبس فى خط التصريف أثناء تشغيل المضخة، ويمكن انقاص سعة المضخة المحيطية إما بواسطة خنق صمام فى خط الشفط، أو بواسطة ممر تحويل من التصريف إلى الشفط، ولا ينبغى بدء تدوير المضخة ومحبس التصريف مغلق. ولا يجوز بأى حال من الأحوال أن تغلق محبس التصريف ولو جزئيا عندما تكون المضخة دائرة، ولا تعتبر المضخة المحيطية ذات ازاحة موجبة تماما مثل المضخات الدوارة أو الترددية ولكن فعلها موجب لدرجة أن الضغط يزيد بشدة عند غلق محبس التصريف. وتتشابه قواعد التركيب والتشغيل مع المضخات المركزية التى سيأتى توضيحها فى الفصل السادس، ولابد من تركيب الوسائل الكافية لضمان منع غلق محبس التصريف أثناء دوران المضخة، ولا يجوز غلقه إلا عند وقف المضخة للفحص أو الإصلاح .

كما يجب توصيل خط تحضير صغير من منبع خارجى إلى قرب قاع المضخة أو إلى خط الشفط .

٥ ـ ١٧ مضخات الآبار العميقة :

تعتبر مضخات الآبار العميقة طرازا خاصا من المضخات الطاردة المركزية وقد تم تطويرها لمقابلة احتياجات الخدمات الخاصة، حيث لقيت رواجا فى كثير من التطبيقات العملية .

وقد انتشر استخدام تلك المضخات فى أعمال الرى للأراضى الزراعية المستصلحة خصوصا بالقرب من الصالحية وبلبيس فى الصحراء الشرقية، وكذلك فى مناطق وادى النطرون بالصحراء الغربية .

ويراعى أن مضخة الآبار العميقة هى عبارة عن مضخة مركزية متعددة المراحل لها قطر صغير جدا بحيث يمكن تركيبها فى خروم الآبار بأقطار تتراوح من ١٥ سم إلى ٦٠ سم، ولما كان قطر المضخة صغيرا لذا

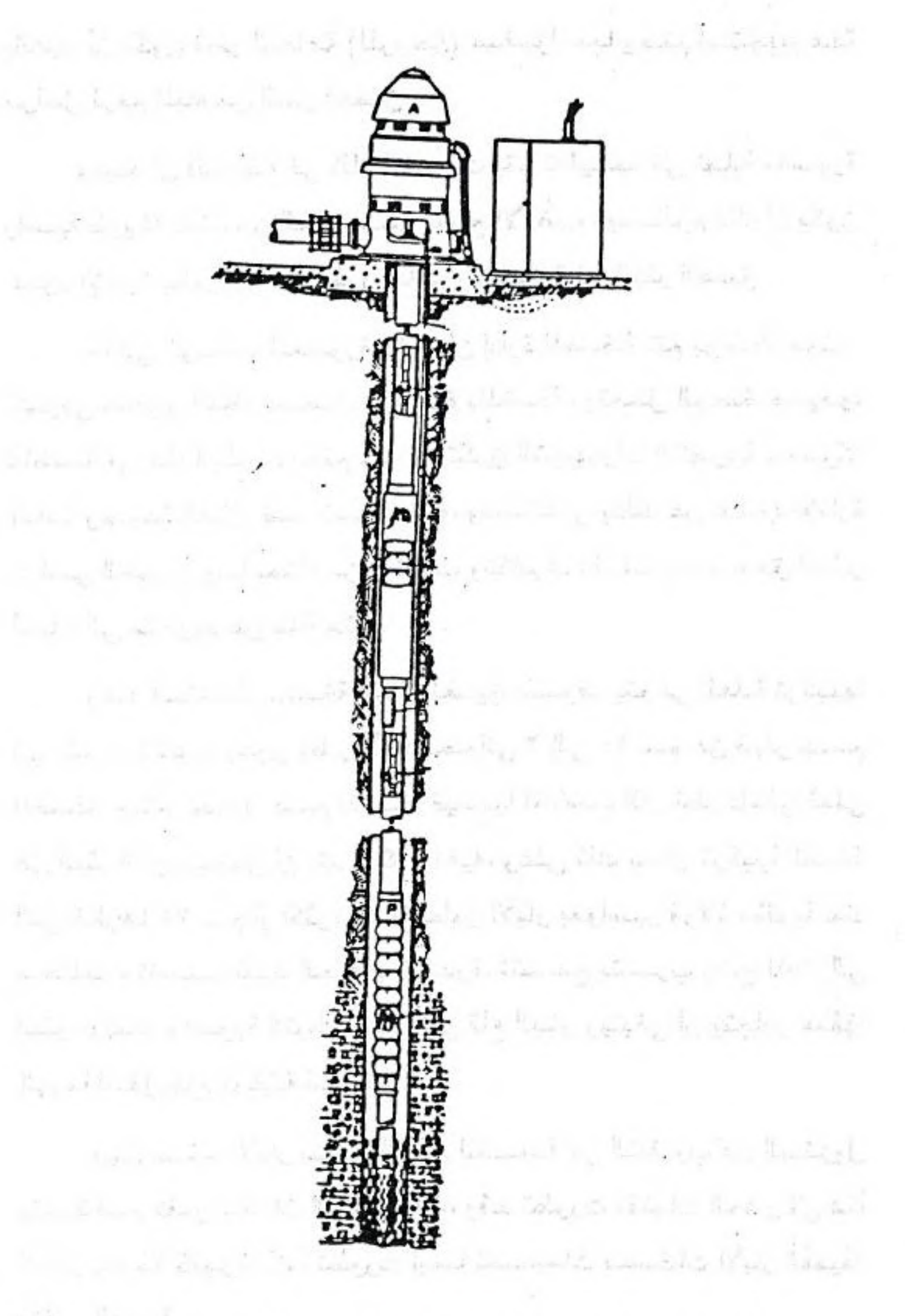
يتعين أن يكون قطر الدفاعة (المروحة) صغيرا، مما يحتم استخدام عدة مراحل لرفع المياه من البئر العميق .

ونجد أن المضخة فى تلك الوحدات يتم تعليقها فى نهاية ماسورة رأسية طويلة تمتد من البئر حتى سطح الأرض، ويستلزم ذلك أن يكون عمود الإدارة بطول يناسب طول الماسورة الممتدة فى البئر العميق .

أما فى الوحدات المغمورة فنجد أن إدارة المضخة تتم بواسطة موتور كهربى صغير القطر متصل مباشرة بالمضخة، وتعمل الوحدة جميعها غاطسة فى ماء البئر، ويحتم ذلك أن تكون التجهيزات الكهربية محبوكة تماما وجيدة العزل ضد تسرب الماء، ونستغنى بذلك عن عمود الإدارة الرأسى الطويل وما يمثله من متاعب وتكاليف، إذ قد يمتد عمق البئر أحيانا إلى ما يزيد عن مائة متر .

وعند استخدام مضخة البئر العميق فسوف يتم فى العادة تركيبها فى بئر مثقوب يكون قطره أزيد بحوالى ٢ إلى ١٠ سم عن قطر جسم المضخة، ويتم تحديد جسم المضخة قياسيا لتناسب أقل قطر داخلى فعلى فى البئر الذى يُحتمل أن يتم تركيبها فيه، وعلى ذلك يمكن تركيب المضخة التى قطرها ٢٥ سم أو أكثر، ويتم تبطين الآبار بمواسير فولاذ مثقوبة عند مختلف مناسيب المياه الجوفية المقدرة، لتسمح بتسرب رشح المياه إلى البئر، وتمتد ماسورة التبطين عادة إلى قاع البئر وينبغى أن يتجاوز عمقها إلى ما أسفل قاع تركيبة المضخة .

ويتم حفر الآبار بنفس الطرق المتبعة فى التنقيب عن البترول وتستخدم نفس معدات الحفر لذلك، وقد تطورت تقنيات الحفر فى هذا المجال بدرجة كبيرة، كما تطورت أيضا تصميمات مضخات الآبار العميقة بنفس الدرجة .



شكل رقم ٥ ـ ٤٢ : مضخة تربينية للآبار العميقة بماسورة تصريف رأسية

وتتكون الأجزاء الرئيسية لمجموعة الضخ من الآبار العميقة مما يلى:

١ـ وحدة المضخة .

٢ـ ماسورة التصريف (الطرد) .

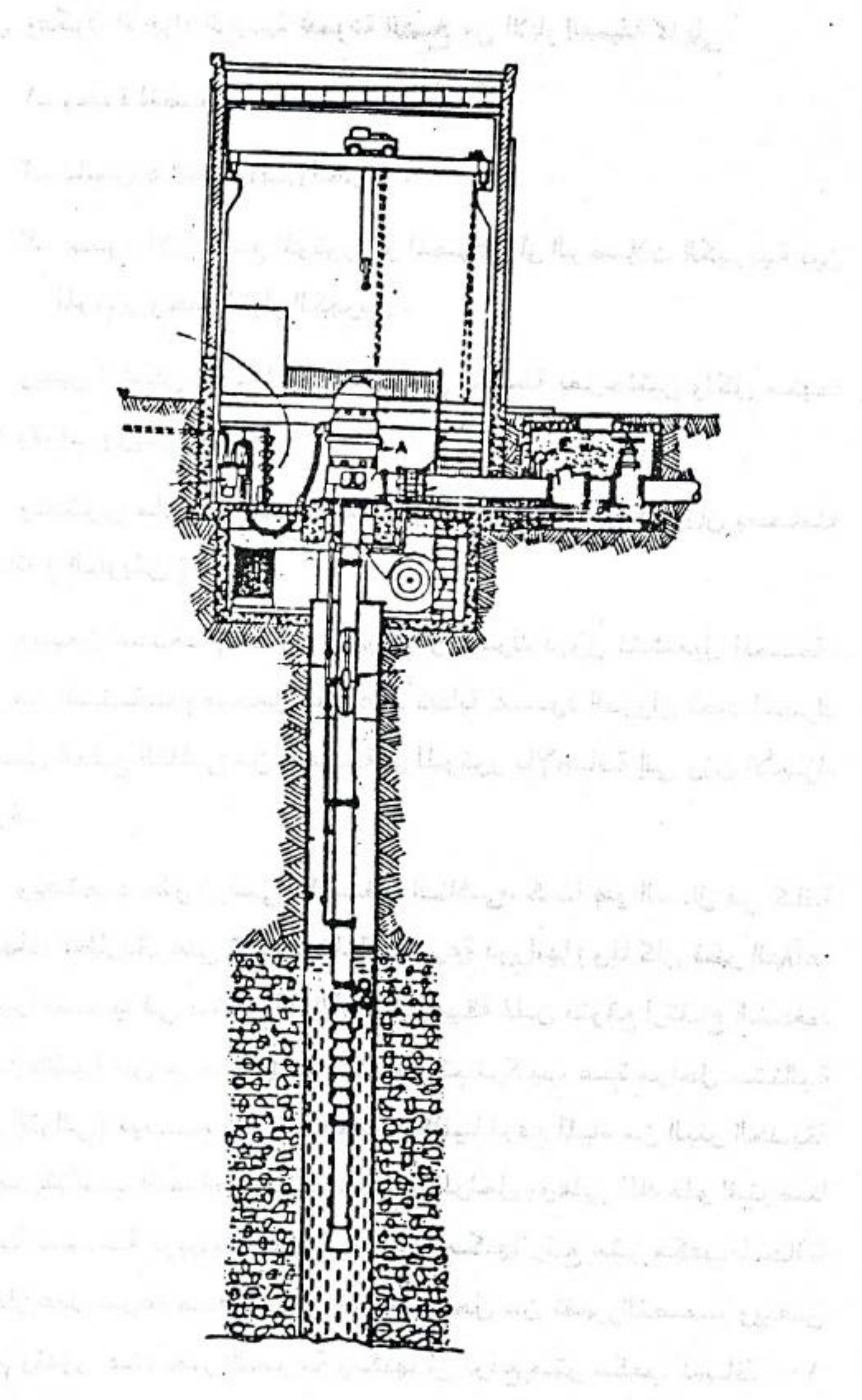
٣ـ عمود الادارة مع الموتور (أو المحرك) أو الوصلات الكهربية بين الموتور وخط التيار الكهربى .

ويبين الشكل (٥ ـ ٤٤) مقطعا فى مضخة بمرحلتين ولكل منهما دفاعة وقراب وريش توجيه .

وتحتوى ماسورة التصريف (الطرد) على عمود الدوران بمحامله وقارناته (الكوبلن) .

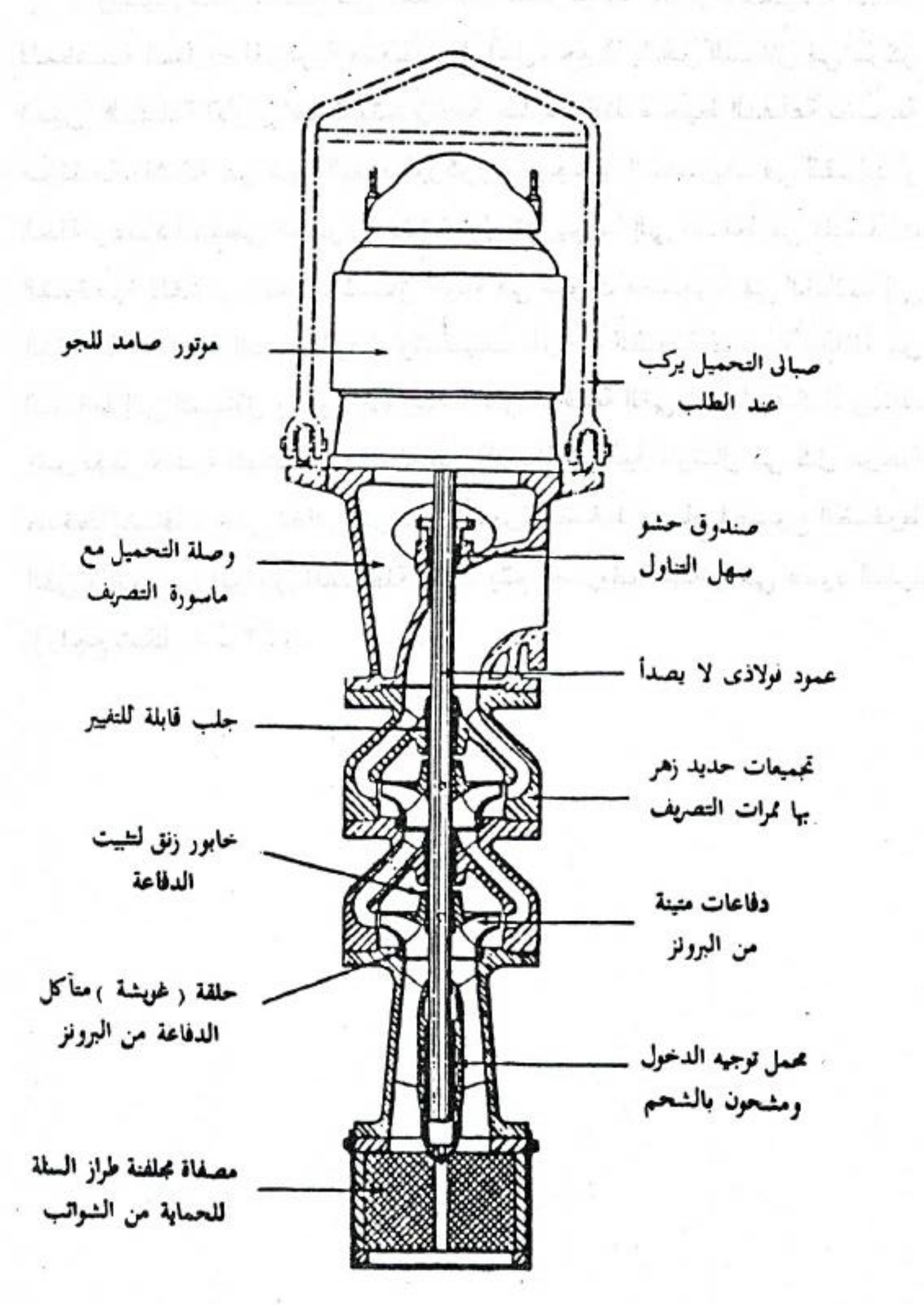
ويجوز استخدام محرك كهربى أو محرك ديزل لتشغيل المضخة، ولابد من استخدام محمل دفع عند نهاية عمود الدوران تحت المحرك ليتحمل الدفع الناشئ من المضخة أو الموتور بالإضافة إلى وزن الأجزاء الدوارة .

ويعتمد علو (رأسى) الضغط الناشئ، كما هو الحال فى كافة المضخات الطاردة، على قطر الدفاعة وسرعة دورانها، ولما كان قطر الدفاعة صغيرا نسبيا فى مضخات الآبار العميقة فلن نتوقع ارتفاع الضغط بدرجة كافية من مرحلة واحدة، كذلك يتم تركيب عدة مراحل متتالية (على التوالى) ليصبح الضغط الناشئ كافيا لرفع المياه من البئر العميقة وسوف يتناسب الضغط حينئذ مع عدد المراحل، وعلى ذلك فلو افترضنا أن لدينا مضخة تربينية مفردة المرحلة يمكنها رفع متر مكعب لمسافة ١٠أمتار عند سرعة محددة، فإن عشرة مراحل من نفس التصميم وبنفس الحجم وتدور عند نفس السرعة يمكنها أن ترفع متر مكعب لمسافة ١٠٠ متر تقريبا .

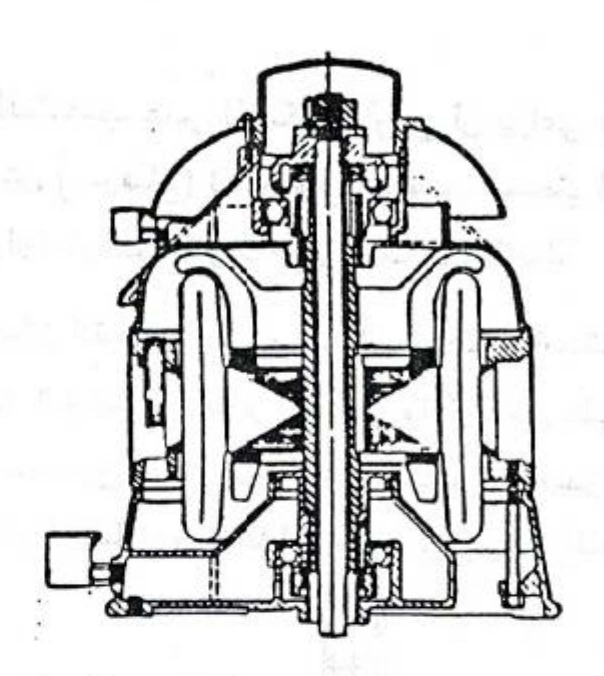


شكل رقم ٥ ـ ٤٣ : مضخة تربينية للآبار العميقة فى محطة حديثة للضخ مزودة بمرقاع قنطرى

ويكون فعل الضخ فى المضخات التربينية للآبار العميقة مماثلا للمضخة الطاردة المركزية متعددة المراحل، حيث يتدفق السائل فى مركز (عين) الدفاعة الأولى حيث يتم زخمه خارجا عند محيط الدفاعة بسرعة مرتفعة ناشئة عن قوة الطرد المركزى، ويجرى التصريف فى القراب أو الحلة وعندها تبطئ السرعة لتتحول تدريجيا إلى ضغط فى المسارات القوقعية للقراب وبعدها تساق المياه فى قنوات مصبوبة فى الغلاف إلى الدفاعة التالية التى تعلوها، وتضيف المرحلة الثانية كمية مماثلة من الضغط إلى السائل وتقوم بتوريدها إلى الدفاعة التى تليها وهكذا، وبذلك تمر نفس كمية المياه من مرحلة إلى المرحلة التالية ، وتنال فى كل مرحلة ضغطا إضافيا حتى تغادر المرحلة الأخيرة بضغط مساوٍ لمجموع الضغوط التى نالتها من المراحل المستقلة حيث يتم تصريفها نهائيا فى عمود الطرد (راجع شكل ٥ ـ ٤٢) .



شكل رقم ٥ ـ ٤٤ : وحدة ضخ نمطية بمرحلتين مقرونة ومغلقة



شكل ٥ ـ ٤٥ : موتور تشغيل المضخة التربينية للآبار العميقة

مشاكل التشغيل والتصميم :

أهم المشاكل التى تواجهنا بالنسبة لمضخات الآبار العميقة هى:

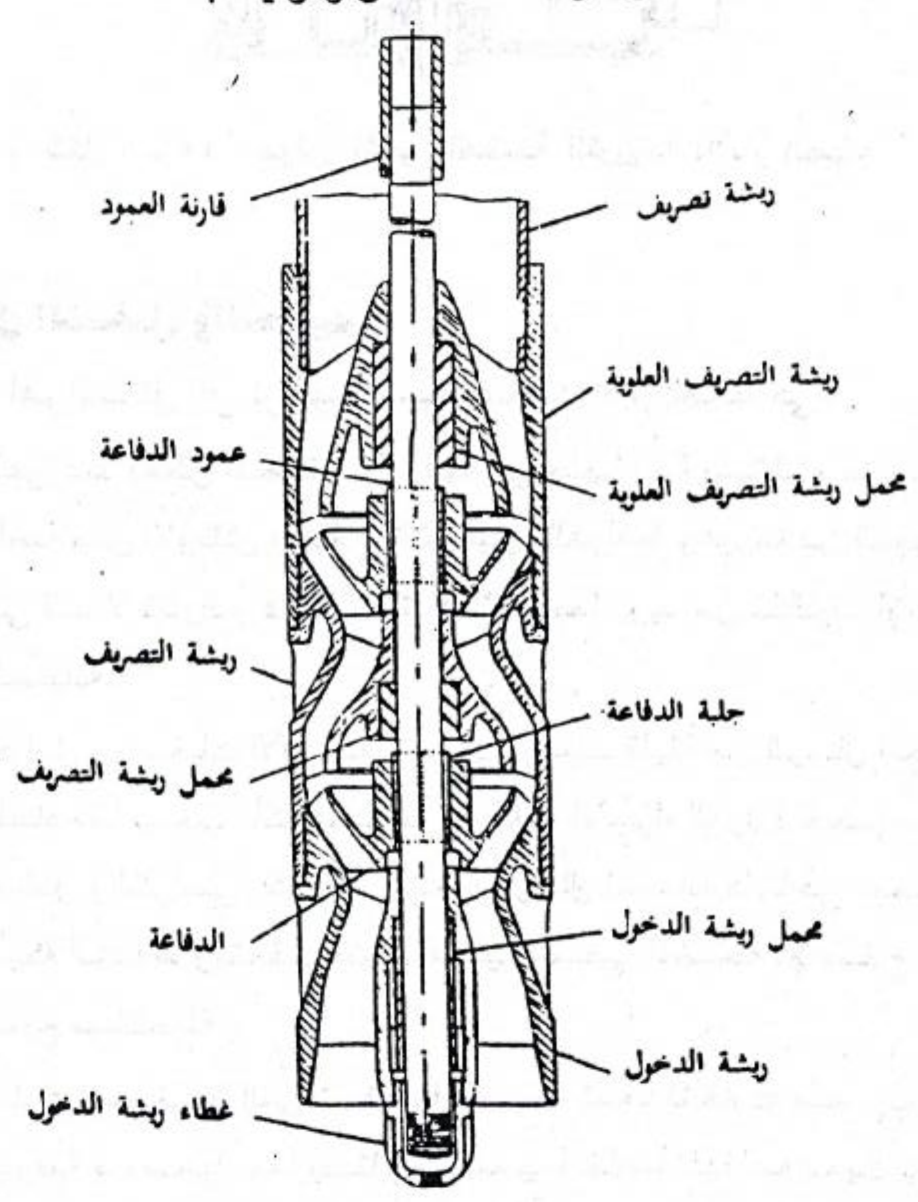
١ـ يراعى عند تعطل المضخة والرغبة فى حلها أنها تستلزم معدات رفع خاصة مثل الأوناش وأسلاك التحميل والقوامط وغيرها من التجهيزات التى قد لا تتوافر فى المناطق النائية مما يزيد من تكاليف الإصلاح والصيانة.

٢ـ تتعامل مضخات الآبار مع كميات ليست قليلة من الرمال المختلطة بالمياه مما يسبب تآكلا شديداً فى كافة الأجزاء الدوارة خصوصا فى المحامل والكراسى، كما قد تسبب الرمال انسدادا كليا فى تجميعات شبكة الشفط وتتعقد عندئذ عملية سحب المضخة للإصلاح أو قد تصبح مستحيلة .

٣ـ تتفاوت الضغوط التى تحققها المضخة تبعا لتفاوت منسوب المياه الجوفية موسميا، مما يستلزم تصميما خاصا للدفاعة بحيث يمكنها أن تتعامل مع ذلك المدى المتسع من الضغوط وبدون الإساءة إلى كفاية المضخة أو تجاوز التحميل على محرك التدوير .

ولابد للتغلب على المشكلة الأولى أن يراعى عند تجهيز المحطة تزويدها بونش (مرفاع) له ارتفاع يناسب سحب أطول الأجزاء المكونة للمضخة مع اعتبار ذلك الإرتفاع فى انشاءات المحطة .

وقد يمكن التغلب على مشاكل الرمال باستخدام المضخات ذات التصميمات الخاصة لطراز الحامل والكراسى على أن يكون تزليقها بالشحم فى صندوق حبك خاص أو استخدام معدن الأعمدة من الفولاذ الذى لا يصدأ والمحامل من المطاط الخاص وتزليقه بالماء .



شكل ٥ ـ ٤٦ : مقطع فى تقفيصات مضخة تربينية رأسية بدفاعات مفتوحة ومتصلة بعمود مفتوح الخط

أما بالنسبة لتجاوز التحميل على محرك التدوير والذى ينشأ عن تفاوت عمق الماء فى البئر فيتحتم استخدام دفاعات من الطراز نصف المغلق بحيث يمنحنا إزدواجا من خصائص المضخة الطاردة المركزية والمضخة المحورية (المروحية)، ويصبح المنحنى الخصائصى للمضخة له مدى أوسع فى خصائص القدرة المطلوبة دون التضحية بكفاية المضخة، بالإضافة إلى أن الدفاعة المفتوحة أو نصف المغلقة أقل تأثرا بتغيرات الضغط ودقة الخلوصات التى تتعرض للبرى الشديد من ا لرمال أو غيرها من الشوائب.

المحامل والوصلات :

يراعى فى كثير من التصميمات الحديثة لمضخات الآبار العميقة التربينية أن المحمل الرئيسى العلوى للدفاعة وكذلك باقى محامل عمود الدوران يتم حمايتها بوضعها فى ماسورة مغلقة لتحقق الأغراض التالية:

١ـ تستخدم الماسورة كسنادة متينة لمحامل عمود الدوران .

٢ـ تسمح الماسورة بتزليق كافة المحامل من مشحمة مفردة يتم ترتيبها فى العادة أعلى ماسورة الضخ .

٣ـ تمنع الماسورة تسرب الرمال أو الشوائب للمحمل فتحميه من التآكل ويجرى فى العادة اتباع أحدى طريقتين لتزليق محامل العمود.

أولا : يمكن ملء ماسورة العمود التى تعمل بها المحامل بالزيت أو الشحم.

ثانيا : يمكن تغذية الزيت بواسطة التنقيط من مزيتة مركبة على أعلى عمود الدوران فينساب الزيت لأسفل حتى موضع الحامل ويتم التحكم فى المزيتة بواسطة صمام قطع مغناطيسى (سلونويد) يعمل على قطع الزيت عند وقوف المضخة.

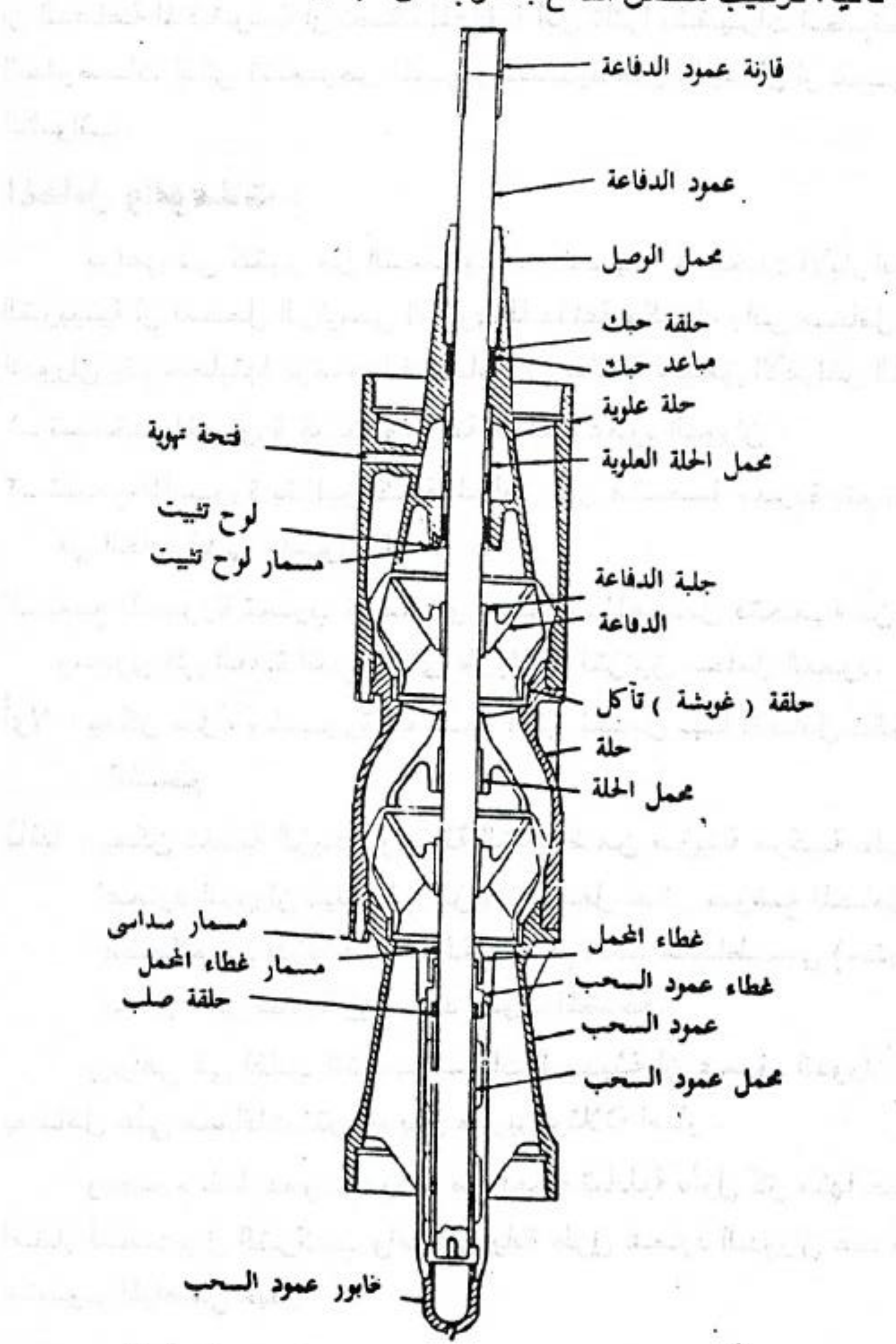
ويراعى فى أغلب التصميمات الحديثة أن عمود الدوران مزود بمحامل على مسافات تترواح بين مترين وثلاثة أمتار .

ويصمم خط عمود الدوران من أجزاء تبادلية طول كل منها حوالى ٣ أمتار لتسهيل التركيب وإمكان زيادة طول عمود الدوران عند هبوط منسوب المياه فى البئر .

ويراعى أن الدفع الناشئ عن الدفاعات بالإضافة إلى وزن عمود الدوران والدفاعات ذاتها يتم اعتبارها بإحدى طريقتين :

أولا : وضع محمل دفع فى الناقوس العلوى لتجميعة الموتور.

ثانيا : تركيب محمل الدفع بالقرب من تجميعة المضخة وقرابها.



شكل ٥ ـ ٤٧ : مقطع فى تقفيصات مضخة تربينية رأسية لها دفاعات مغلقة ومتصلة بعمود مصمت

٥ ـ ١٨ مضخة الآبار العميقة المغمورة :

وهى مضخة مكونة من موتور كهربى محكم الغلق مركب أسفل مضخة تربينه للآبار العميقة، ويتم تعليق هذه التجميعة المتضامة فى ماسورة التصريف، ويجرى تشغيلها مغمورة تماما فى ماء البئر. وقد يستخدم لوح سطحى أو قامطة شديدة يتم فيها تعليق الماسورة والتجميعة، بحيث يستقر الحمل على الأرضية الأساسية لمحطة الضخ (شكل ٥ ـ ٤٨) ويستخدم كابل معزول ضد الماء لتوصيل التيار الكهربى للموتور المغمور .

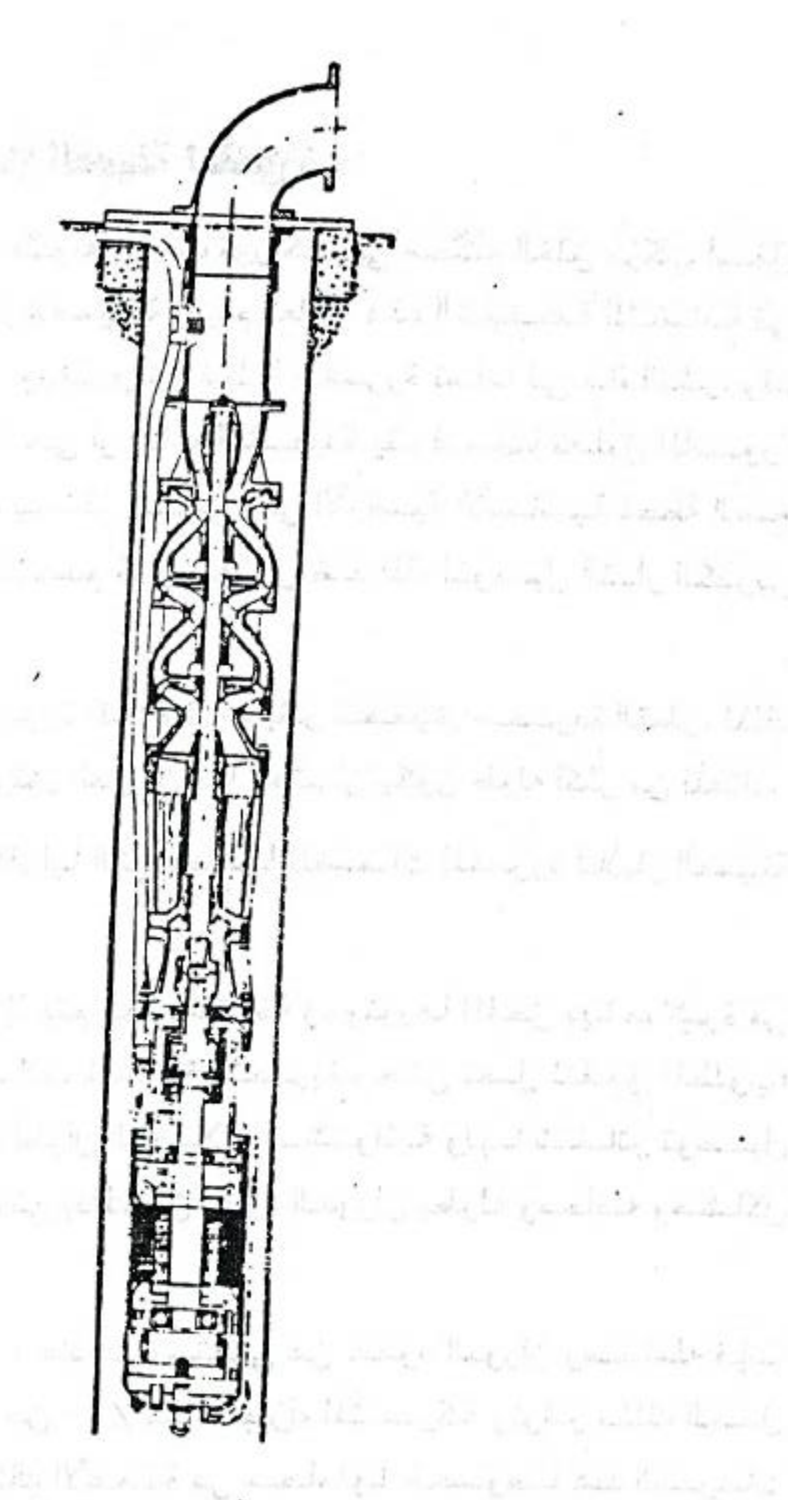
ولما كانت الماسورة المدلاة فى البئر العميق محدودة القطر، لذلك يراعى صغر قطر موتور الدوران مما يحتم أن يكون طوله أكثر من المعتاد.

. ويمكن ايجاز المزايا التى تحققها المضخات المغمورة للآبار العميقة فيما يلى:

١ـ **سهولة التركيب**: إذ يتم إنزال المضخة وموتورها الملحق بها مباشرة فى البئر بزيادة وصلات لماسورة التصريف حتى نصل للعمق المطلوب، ويمكن أن تكون أطوال الوصلات عشوائية ولها شفائر توصيل متماثلة، ونستغنى بذلك عن عمود الدوران بطوله ومحامله ومشاكل استقامته.

٢ـ **تحسين الكفاية** : عندما نستغنى عن عمود الدوران ومحامله فإننا نزيل ما يقرب من ٥٠ ٪ من الأجزاء المتحركة ونوفر بذلك الحمل الناشئ من احتكاك الأعمدة فى محاملها خصوصا عند السرعات العالية كما يصبح تصريف الماء فى الماسورة أكثر انسيابية، إذ لا تعوقه المحامل وشداداتها وهى تسببا فقدا ايدروليا شديداً .

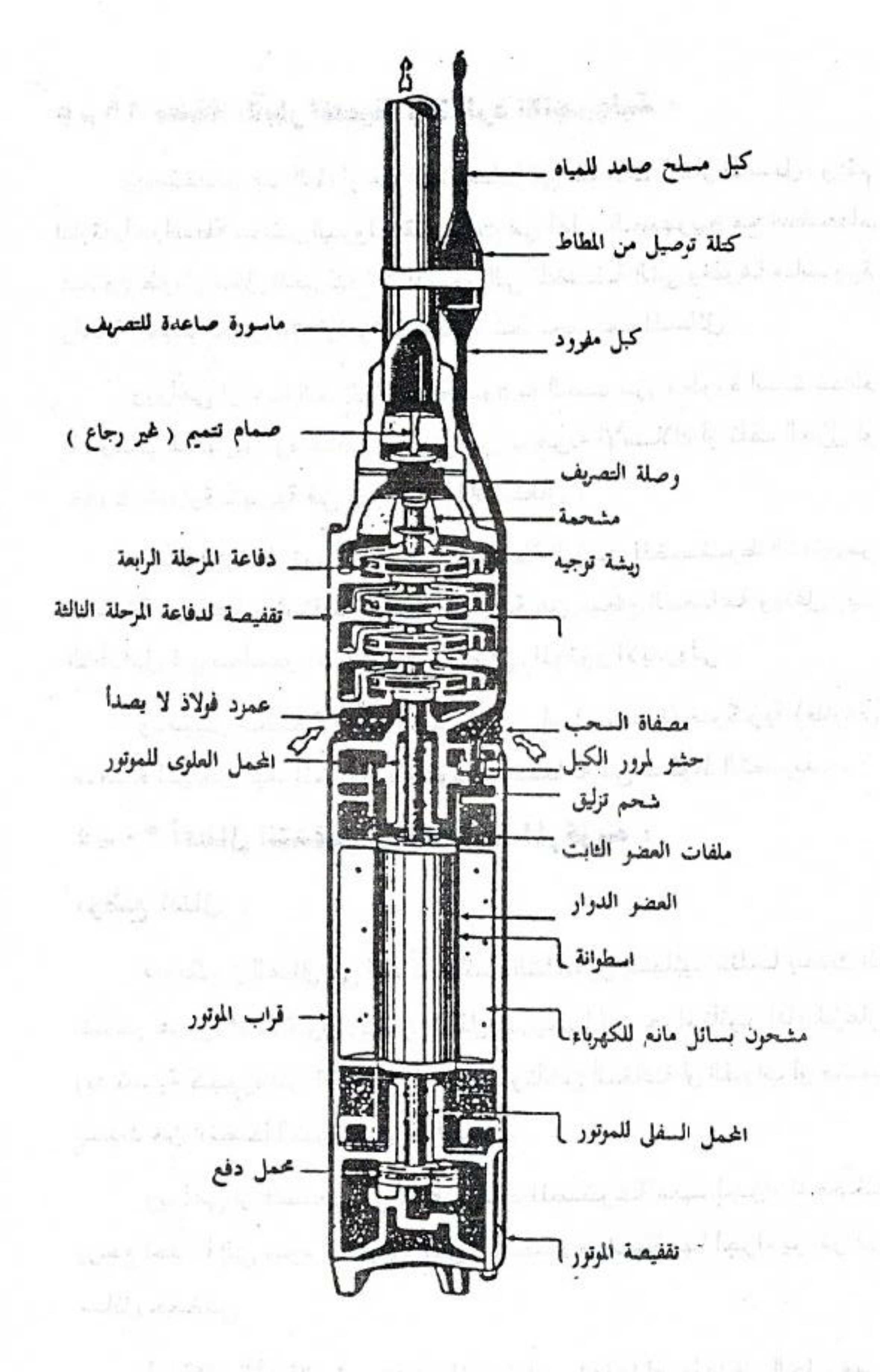
٣ـ تقليل مساحة قمرة المضخة : إذ تكون الوحدة مغمورة فلن توجد إنشاءات فوق الأرض تستدعى بناء قمرة أو حجرة لاحتوائها، وقد يلزمنا للكشف عن ماسورة التصريف ووحدة الضخ وجود فتحة كشف وغطاء لا غير، وكل ما يطلب تركيبه فوق الأرض وهو بادئ الحركة للموتور الكهربى ، ويمكن أن يكون مضاد للجو ومحبوك



شكل ٥ ـ ٤٨ : مضخة مغمورة للآبار العميقة

بحيث لا يستلزم حجرة خاصة، وقد يمكن تعليقه فى مستوى عالٍ بحيث لا يتلف بفعل غمر المياه أو الفيضانات المتوقعة .

٤ـ **إلغاء عمليات الضبط الميدانية** : وهو ما تحتاجه مضخات الآبار العميقة التقليدية، إذ لابد من مواءمتها ميدانيا للتعويض عن التغير فى ظروف التشغيل لطول أو قصر عمود الدوران .. الخ .



شكل ٥ ـ ٤٩ : مضخة مغمورة للآبار العميقة

٥ ـ ١٩ مضخة الآبار العميقة بالإدارة الايدرولية :

يستخدم هذا الطراز من المضخات فى ناقلات الغاز المسيل، ويتم ادارتها بواسطة موتور ايدرولى قد يثبت فى أعلى الصهريج مع استخدام عمود طويل لنقل الحركة من الموتور الى المضخة التى يعلوها ماسورة رأسية تحيط بعمود الإدارة وتستخدم كخط تصريف للسائل .

ويراعى أن هذا التنظيم مقصود به الحد من خطورة استخدام المحركات الكهربية ومخاطر الحريق من سخونة الأسلاك أو تلف العزل أو حدوث شرارة كهربية فى جو مثالى للاشتعال .

ويتم ادارة الموتور الايدرولى بواسطة الزيت المضغوط الناتج من مضخة دورانية مثبتة فى غرفة معزولة عن سطح البضاعة وينقل زيت التشغيل فى مواسير تمر على السطح الى الموتور الايدرولى .

وتعتبر مضخة الآبار العميقة اساسا مضخة مركزية (طاردة) متعددة المراحل تبعا للضغط المطلوب استخدامه فى خطوط التصريف .

٥ ـ ٢٠ أعطال التشغيل فى المضخات المركزية :

موضع الخلل :

قد يكون العطل فى المضخة أثناء التشغيل فجائيا مثلما يحدث اذا انكسر عمود الادارة وقد يكون الخلل تدريجيا من جراء تأثير الماء الزعاق (به نسبة كبيرة من الاملاح المعدنية) وتآكل الدفاعة أو القراب أو مثلما يحدث من التصدأ التدريجى بماء البحر .

ويراعى أن السبب فى تداعى المواد المصنوعة منها أجزاء المضخة يرجع أحيانا إلى سوء التطبيق مثل استخدام مضخة بها أجزاء برونز فى سائل حمضى .

أما أكثر الأعطال شيوعا فى المضخات ولعلها أصعبها فى الحل. فهى الاعطال الايدروليّة التى تشترك فيها مختلف طرازات وأحجام المضخات

المركزية، والتى تضخ أى نوع من السوائل، وعند أى معدل تدفق كذلك فى أى حرارة، وعند أى ضغط. ويراعى أن حرالى ٨٥٪ من الأعطال الايدرولية يقع فى جانب الشفط .

لا تصريف للسائل :

١ـ أخفاق (أو عدم) التحضير، ويلاحظ عندما يتم تحضير المضخة خروج السائل من محبس التنفيس (منفس الهواء) خاليا من أية فقاقيع هواء وانسياب مستمر للسائل من المنفس دون تقطع .

٢ـ نقص السرعة (من محرك التدوير) فاذا كان المحرك كهربائيا فيجب التحقق من قيمة الفولت المار بالخط، واذا كان المحرك تربينيا أو ديزل فيجرى التتميم على أنه يعمل بقدرته المقننة .

٣ـ زيادة ضغط (رأس) التصريف عامة عما هو مقدر، ويكون بسبب انسداد فى المواسير من قشور صدأ أو أى عائق أو محبس غير مفتوح لآخره. ولابد أولا أن نتحقق من أن محبس عداد الضغط غير لاصق (مزرجن) فى وضع مغلق .

٤ـ زيادة رفع الشفط لدرجة كبيرة، ولابد من مراجعة توصية الصانع بالنسبة لاقصى رفع شفط تستطيعه المضخة ويكون عادة حوالى ٤،٦م (١٥ قدما) للمضخات المركزية. وقد يرجع السبب إلى انسداد مدخل المضخة بالحشف أو أى عائق أو انسداد المصفاة أو الشبكة كما يجوز أن يكون قرص فى صمام القدم مكسوراً .

٥ـ انسداد الدفاعة ، من تراكم قشور صدأ أو أجسام صلبة فيها بحيث تمنع مرور السائل فى ممراتها وبالتالى ينقطع التصريف .

٦ـ خطأ فى اتجاه الدوران، ولابد من مطابقة اتجاه دوران المضخة مع اتجاه السهم على قرابها، كما يجوز أن يكون السبب العبث بأسلاك المحرك الكهربى فيعكس اتجاه الدوران .

تصريف السائل غير كاف :

ومعناه أن المضخة تقوم بتصريف السائل بكمية أقل من السعة المقدرة للمضخة وقد يكون هذا الوضع خطيرا بنفس الدرجة كما لو انقطع التصريف تماما، لأن ذلك يجعل الوحدات الثمينة التى يضخ اليها السائل معرضة للخطر. فاذا لم يكن هناك واحدا من العيوب التى تؤدى إلى انقطاع التصريف تماما فهناك الأسباب الآتية :

١ـ تسريب هواء (تنفيس) ويتضح من انخفاض الضغط فى عداد الشفط ويحدث التسريب من صندوق الحبك (الحشو) أو فى خط الشفط بسبب حشيات بالية بين شفائر توصيل المواسير ببعضها أو عدم احكام رباط المواسير .

٢ـ ضغط الشفط منخفض جدا، وبسبب غليان السائل وتحويله إلى بخار، ويتضح ذلك من تذبذب مؤشر عداد ضغط الشفط، ويجب الرجوع للصانع ومناقشة الوضع معه .

٣ـ صمام القدم أقل من الحجم المفروض، ومن الضرورى أن تكون مساحة مقطعه ما بين ١,٥ : ٢ ضعف مساحة مقطع ماسورة الشفط .

٤ـ ارتفاع اللزوجة للغاية، وتتأثر السعة المقدرة للمضخة بشكل واضح اذا استخدمت لسائل مختلف اللزوجة عما هى مصممة على أساسه.

٥ـ صمام القدم أو فتحة ماسورة الشفط ليست مغمورة بشكل كافٍ.

٦ـ عيوب ميكانيكية مثل : حلقات التلبيس البالية أو تلف الدفاعة أو عيب فى قراب المضخة .

انخفاض ضغط التصريف :

وقد ينشأ لسبب مما سبق توضيحه أو :

١ـ غاز أو هواء فى السائل، ومن الممكن ملافاة العيب باستخدام درع الاعتراض .

٢ـ وجود عائق فى ممرات الضخ أو صغر قطر الدفاعة للغاية .

المضخة تعمل لفترة ثم تفقد الشفط (التحضير) :

١ـ تسريب (تنفيث) هواء فى خطوط مواسير الشفط .

٢ـ انسداد الحبك المائى .

٣ـ زيادة رفع الشفط عن المقدر .

٤ـ وجود هواء أو غازات فى السائل .

زيادة التحميل على محرك التدوير :

ويتضح أن المضخة تستهلك قدرا كبيرا جدا فى التشغيل ، وقد يكون الخلل ايدرولى مثل انخفاض رأسي التصريف مما يسمح للمضخة بطرد كمية أكبر كثيرا من السائل، فيزيد الحمل على المحرك، كذلك فان استخدام مضخة لسائل آخر مرتفع فى ثقله النوعى ولزوجته يزيد من التحميل على المحرك، كما أن السرعة الزائدة تستهلك قدراً أكبر. بالإضافة إلى العيوب الميكانيكية التالية :

١ـ عدم الاستقامة (اللاتحاذى) بين المضخة والمحرك .

٢ـ إنثناء عمود التدوير .

٣ـ تشوه فى قراب المضخة لخطأ استناد مواسير الخطوط عليها .

٤ـ زيادة التتريط (أحكام) على مسامير صندوق الحشو .

٥ـ عيب حشو فى القراب .

٦ـ قفش (زرجنة) بين الأجزاء المتحركة والثابتة (حلقات التلبيس البالية) أو العضو الدوار أو التهاب صناديق الحبك (الحشو)، وينتج عن زيادة التقريط أو نقص التشحيم، أو زيادة أو عدم مناسبة نوع الحشو المستخدم أو عدم كفاية سائل الحبك المتدفق للحشو أو خطأ فى تركيب الحشو.

الاهتزازات الشديدة :

وتنتج عن وجود غازات أو هواء فى السائل مما يؤدى إلى اعواز (افتقار) فى الشفط، كذلك وجود الجيوب الهوائية فى خط الشفط .

وقد يكون السبب ميكانيكيا مثل اللاتخاذى أو عيب فى الكراسى ..الخ .

التهاب المحامل :

ويتسبب عن عدم مناسبة التزليق سواء اختيار خاطئ لنوع الشحم أو الزيت أو تطبيق سئ فى استخدامه بكميات أقل أو أكثر من المطلوب .

ومن الممكن أن ينشأ عن اللاتحاذى أو عدم كفاية مورد التبريد أو انسداد فى مجارى التبريد أو تقريط شديد على رباط المحامل .

الباب السادس

تركيب وتشغيل المضخات

لا تخفى أهمية التركيب الصحيح للمضخة فى ملافاة الكثير من متاعب التشغيل أو أعباء الصيانة، وكثيرا مايرجع السبب فى عيوب المضخة وتكرار أعطالها إلى خطأ فى التركيب. ويمكننا تقسيم متطلبات تركيب المضخة إلى الاعتبارات التى سيتم توضيحها .

٦ ـ ١ الموضع

من الضرورى أن توضع المضخة فى مكان يسهل الوصول إليه وأن يكون حولها من الفراغ ما ييسر النفاذ إليها بحيث يتمكن الملاحظ بسهولة من مراقبة حالة صناديق الحبك أو جلب الحشو... أو الحامل أو غيرها أثناء التشغيل، كما يلزم أن يكون الحيز الرأسى فوقها كافيا لتركيب مرفاع لاعمال الاصلاح والصيانة وبحيث يمكن سحب أطول الاجزاء من موضعه رأسيا إذا استلزم الأمر خصوصا إذا كانت المضخة فى وضع رأسى، وينبغى حماية المضخة من الأنغمار (الغمر) بسبب أى فيضان أو طفح أو فايظ .. أما فى الطرازات الباهظة التكاليف فلابد من اتباع تعليمات الصانع بكل دقة على أن يتولى أعمال التركيب فنى متخصص .

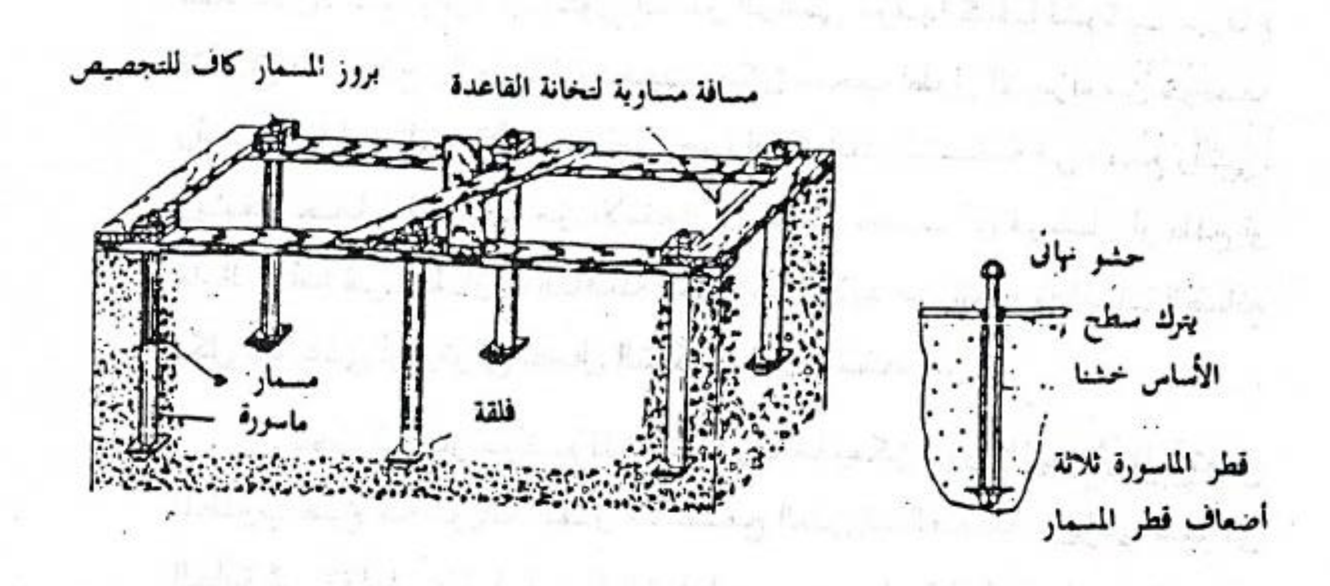
ويجب اختيار موضع المضخة أقرب ما يمكن لمورد المياه، أو المستودع المطلوب ضخ محتوياته، بقدر ما تسمح الظروف العملية، ويؤدى ذلك فى العادة إلى تقليل علو (رأسى) الشفط ويسمح باستخدام مواسير قصيرة مباشرة ويستحسن ألا يزيد علو الشفط السالب (الرفع) عن ٤,٥ متر للماء البارد عند سطح البحر وبحيث يقل رفع الشفط عن ذلك إذا زادت درجة الحرارة أو زاد الارتفاع عن سطح البحر.

٦ ـ ٢ التثبيت

تكون المضخة موضوعة على لوح القاعدة إذا كانت مقرونة (مرتبطة) مباشرة مع محرك ادارتها. ويتم تثبيت لوح القاعدة بشدة متينة على أساس (صبة) الخرسانة. ويجرى وضع مسامير الأساس فى صبة الخرسانة كما هو مبين فى شكل (٦ـ١).

وينبغى أن يمتد منسمار الاساس فوق الخرسانة بحيث نأخذ فى الاعتبار سمك التجصيص اللازم (التقطيب) وتخانة لوح القاعدة وارتفاع فلقة (وردة) وصامولة الرباط. وتراعى نفس الاعتبارات إذا تم ربط لوح

القاعدة مباشرة على احدى العوارض أو العتبات الصلب التى تكون هيكل الأرضية فى غرفة المحركات، كما هو الحالة فى السفن، وليس من الضرورى أن يكون الاساس كبير الحجم، ولكن لابد أن تكون كتلته كافية لتمتص أى اهتزازات. وبحيث يشكل تثبيتا جاسئا (متينا) للوح القاعدة.



شكل ٦ ـ ١ : تفاصيل وضع مسامير الاساس فى صبة الخرسانة

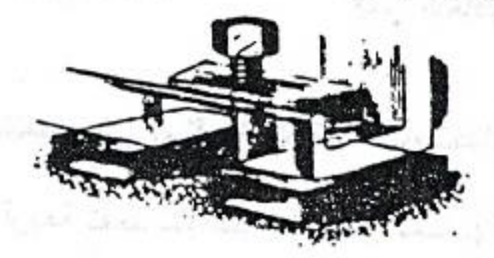
فإذا كان دوران المضخة عن طريق سير فلابد أن يؤخذ فى الاعتبار أجهاد السير عند التركيب ومراعاة وضعه مابين المضخة والمحرك. وربما يكون من الاوفق لاعتبارات نظافة الأرضية، أن تحفر مجرى حول أساس (صبة) الخرسانة ويتم توصيلها بماسورة تصفية لتصريف ما قد يتسرب من السوائل إلى الأرضية .

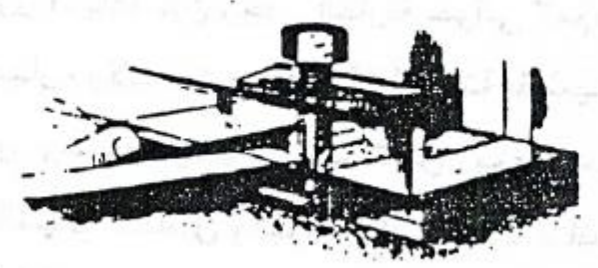
ويجب عند ربط لوح القاعدة بمسامير الاساس فى صبة الخرسانة أن نراعى تساوى الاجهاد بين كافة الاجزاء إذ قد يتسبب تجاهل هذا الشرط فى اخلال التحاذى (الاستقامة) بين المحامل وبعضها، ويؤدى بالتالى إلى زيادة الاحتكاك وضياع القدرة وتكرار استبدال المحامل والحشو مع ما يصحب ذلك من أعمال وضياع للوقت، ومما يوصى به ألا يتم

مطلقا ربط المضخة مع محركها على لوح القاعدة قبل أو أثناء الشحن والنقل، فمهما كانت قوة لوح القاعدة، فقد يتغير سطحه أو ينبعج لاسباب متعددة أثناء التحميل أو الجر فى مختلف مراحل النقل والشحن، وعند تركيب مضخة ومحرك تدويرها على لوح قاعدة واحدة فمن الضرورى استخدام اسفين تحت كل ركن من اركان لوح القاعدة بالقرب من مسامير الاساس وذلك للتحكم فى استواء القاعدة والمضخة بالنسبة لمواسير الشفط والتصريف .

فاذا تسبب عيب فى تغيير استواء لوح القاعدة، فقد يكون من الضرورى استعدال اللوح الى حالته الأولى من التحاذى. ولذلك فالاحسن الا يتم تركيب المضخة وربطها فى محرك تدويرها الا بعد تحقيق الاستقامة.

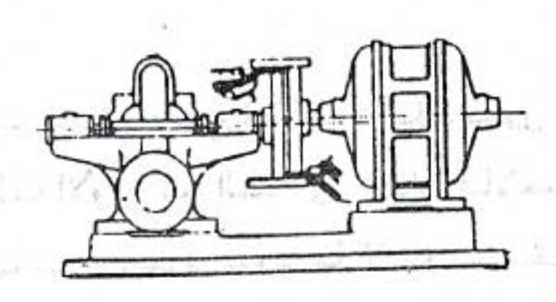
ويتم تركيب الوحدات التى تدار بسير بحيث تكون طارة المضخة وطارة المحرك على استقامة صحيحة (متحاذية) وقد تركب المضخة ذاتها على رقائق أو أسافين حتى يمكن التحكم فى تحاذيها واستقامتها لضبط الاسافين أو تعديل الرقائق. وينبغى بعد أن تتم عملية الاستقامة أن يكون دوران العمود حرا (سهلا) بواسطة اليد .



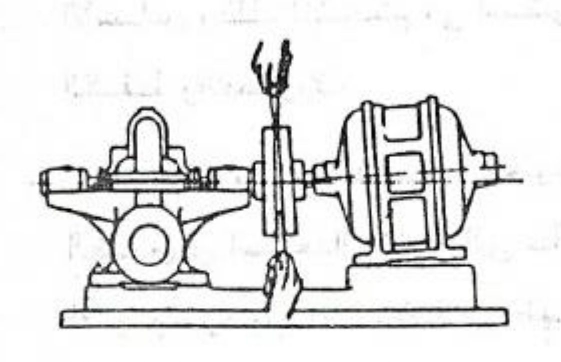


شكل ٦ ـ ٢ : تحقيق استواء لوح القاعدة باستخدام أسافين

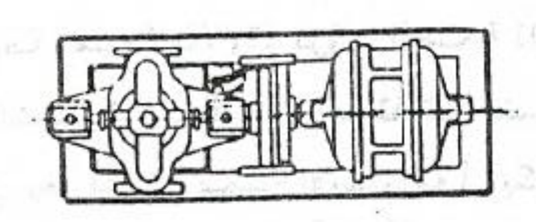
وينبغى أن يكون جزءا القارنة متطابقين فى المركز ومتوازيين فى الاوجه. ويجرى التتميم على تحاذى جزئى القارنة، بوضع حافة مستقيمة على أربع نقط تتباعد ٩٠° عن بعضها على المحيط الخارجى، فإذا لم يكن الجزءان متمركزين فلن تتماس الحافة المستقيمة مع شفة القارنة، شكل (٦-٣)، والتميم على توازى جزئى القارنة يتم وضع مجس حساس بين



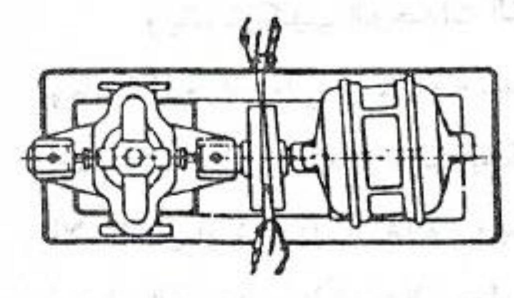
قياس التحاذى الرأسى للأجناب



قياس التحاذى الزاوى العلوى والسفلى



قياس التحاذى الأفقى للأجناب



قياس التحاذى الزاوى الأيمن والأيسر

شكل ٦-٣ : التتميم على استقامة المضخة باستخدام مقياس حساس

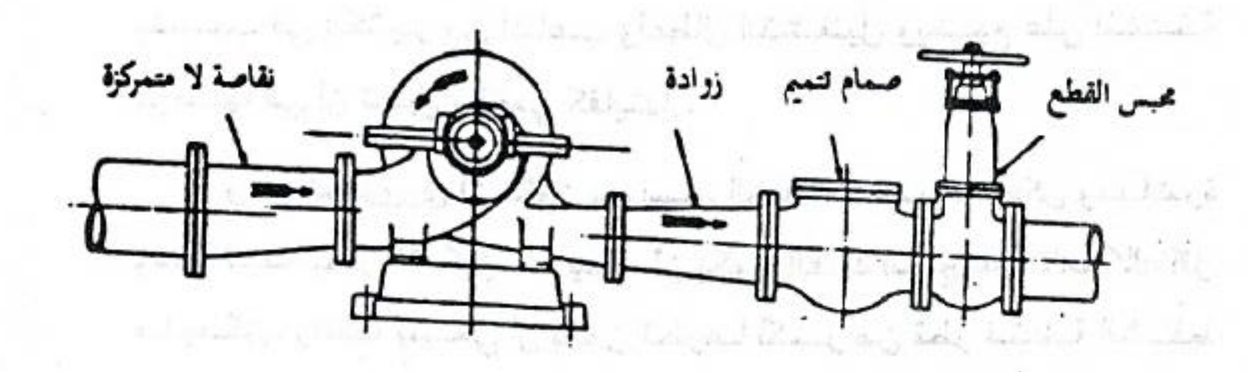
نصفى القارنة عند أربعة نقط تتباعد ٩٠° عن بعضها على المحيط الخارجى والمعتاد أن يكون التباعد بين وجهى القارنة حوالى ٣مم، ولا يصح مطلقا أن يتلامس الوجهان، ولابد من مراعاة أن القارنة المتثنية لا تعوض أبدا عن عدم التحاذى. وسوف ينتج حينئذ تآكل (برى) سريع لجلب القارنة بالإضافة إلى التهاب الحامل وهبوط الكفاية، فإذا كانت المضخة معرضة لارتفاع حرارتها أثناء التشغيل بسبب السائل المضخوخ أو محرك التدوير

(تربينة بخارية مثلا) فينبغى القيام بعملية التحاذى فى نفس ظروف التشغيل الحرارية .

ولا يصح تركيب مواسير الشفط أو التصريف الا بعد أن تجف الخرسانة وتقرى تماما، كما يجب أعادة التتميم على رباط مسامير الاساس وعلى التحاذى، وعندما يتضح عدم مناسبة فتحة الشفط لمواسير الشفط بسبب اللاتحاذى بين المضخة والمواسير فلابد من معالجة الحالة بوضع رقائق تحت لوح القاعدة ولا ينبغى بأى حال من الاحوال أجبار التلاقى بين شفائر (فلنجات) المواسير وشفائر فتحات المضخة، إذ أن ذلك يؤدى حتما إلى الاساءة والاخلال بتحاذى المضخة.

٦ ـ ٣ مد مواسير التصريف :

يجب أن يتم تركيب محبس قطع (سكينة) وصمام تتميم قريبا من طرد المضخة، شكل (٦ـ٤)، ويوضع صمام التتميم بين المضخة ومحبس القطع وذلك لأن صمام التتميم (التوكيد) يحمى المضخة من طرق الماء، كما يمنع تدفق الماء فى الاتجاه المعاكس (المضاد) إذا ما تعطل محرك المضخة، ويراعى أهمية وضع محبس القطع مغلقا أو مفتوحا عند بداية تشغيل المضخة ومواءمة التصريف تبعا لطرازها، وكذلك عند استخدامه



شكل ٦ ـ ٤ : موضع صمام التتميم بين المضخة ومحبس القطع

لضبط سعة المضخة ومواءمة التصريف بالكمية المطلوبة، ويراعى فى حالة المضخة المركزية أنه كلما زادت سعة التصريف زادت القدرة اللازمة، ومعنى ذلك أن اية زيادة فى السعة تعنى اسرافا لا ضرورة له فى استخدام القدرة .

وينبغى أن تكون مواسير التصريف أقصر ما يمكن، ومباشرة التوصيل حتى يقل الفقد (فى العلو) الناشئ عن احتكاك السائل فى المواسير (الطويلة أو الضيقة) إلى أقل ما يمكن، ويلاحظ أن الاحتكاك غير اللازم فى المواسير يستهلك قدرة وذلك مما يزيد فى نفقات التشغيل.

ويجب أن يتم اسناد المواسير مستقلة عن المضخة، وبحيث لا ينشأ عنها أى اجهاد على قراب المضخة عند ربطها على مسامير شفير (فلنجة) فتحة التصريف بالمضخة .

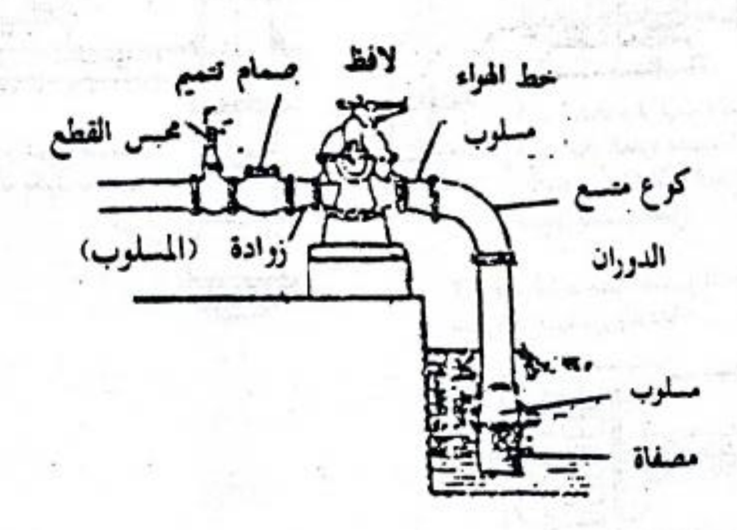
ويستحسن أن يزيد حجم (قطر) ماسورة التصريف بعد فتحة المضخة لتقليل الضائع من العلو (الرأسى) بسبب الاحتكاك، ولكن يراعى أن اختيار حجم (قطر) الماسورة خاضع لنفقات التكلفة السنوية.

٦ ـ ٤ تركيب خطوط الشفط

يراعى أن تجاهل الاعتبارات الصحيحة عند تركيب مواسير الشفط يتسبب فى الكثير من المتاعب وأعطال التشغيل ويضيع على المضخة فرصتها فى أن تعمل بأقصى كفايتها .

ومن الضرورى أن تكون مواسير الشفط أقصر ما يمكن ومباشرة ومستقيمة بقدر الامكان كما يجب أن يكون الفقد الناتج عن الاحتكاك أقل ما يمكن، ولذلك ينبغى أن يكون قطرها أكبر من قطر فتحة الشفط للمضخة مع مراعاة تقليل الانحناءات (الاكواع) فى الماسورة للحد الادنى، كذلك يتحتم أن تكون الانحناءات متسعة الدوران (قطر كبير على الواسع) بقدر ما تسمح الظروف العملية. وإذا اقتضى الوضع مد مواسير الشفط

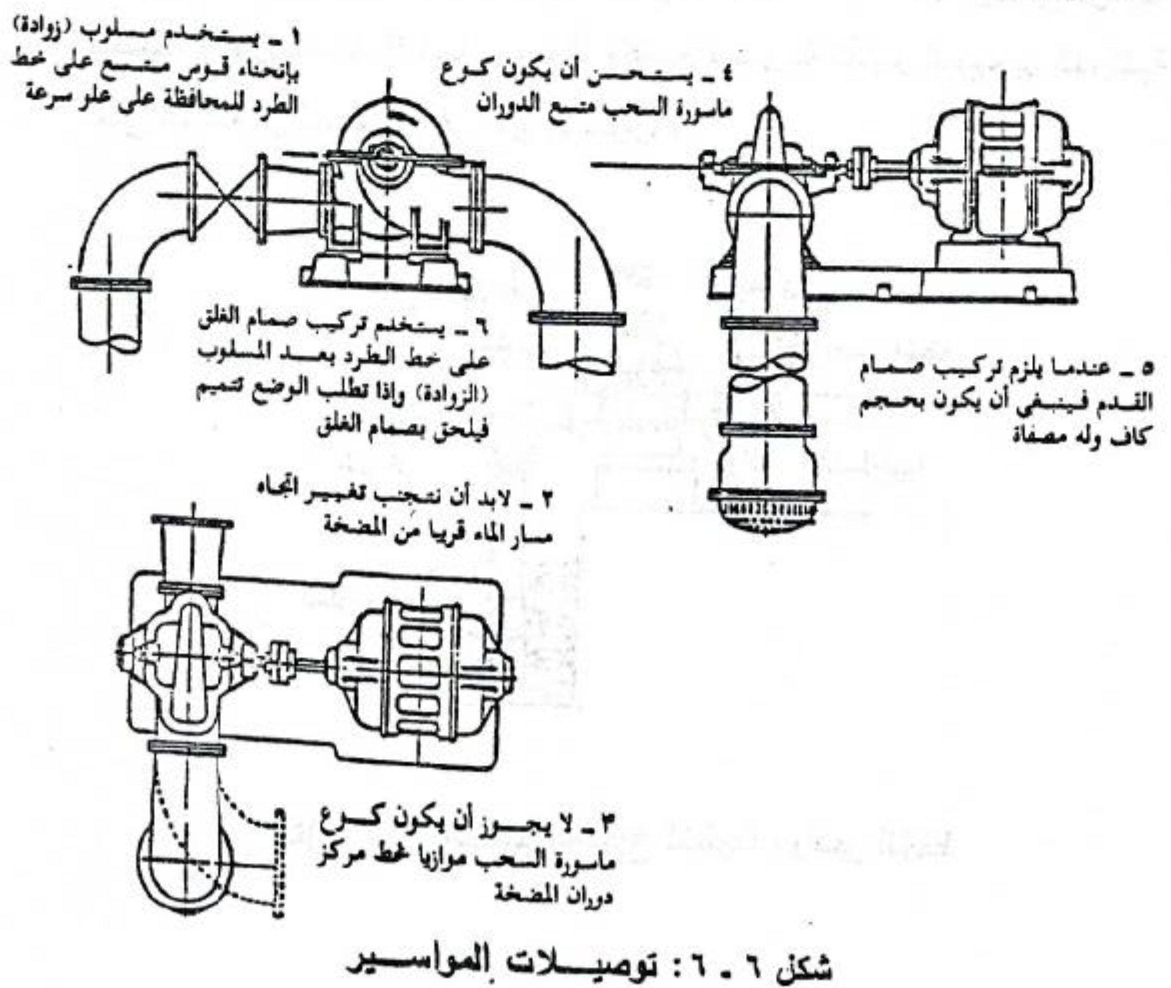
افقيا فلابد أن تنحدر الماسورة بميل من المضخة إلى موارد التغذية وتكون زاوية الميل حوالى درجتين، وبشرط وجود أعلى نقطة فى ماسورة الشفط عند وصلة المضخة. فإذا كانت هناك مواسير أخرى تعترض خط الشفط، فلابد أن تمر ماسورة الشفط من تحت المواسير المعترضة وليس من فوقها، وذلك نوع من الاحتياط حتى لا تتكون جيوب هوائية، ويتحتم عموما أن نتجنب الخيات والنقط المرتفعة فى خطوط مواسير الشفط، إذ أن وجود جيوب هوائية فى الشفط يعوق التشغيل السديد للمضخة. ولا يجوز لنفس السبب استخدام نقاصة متمركزة الانحدار فى خط أفقى للشفط بل يجب أن تكون من الطراز اللامتمركز، بحيث يكون جانبها المنبسط لأعلى، حتى تكون فى نفس مستوى قمة فتحة ماسورة الشفط، شكل (٦ـ٥). ولا يخفى أن النقاصة التقليدية تسمح بتكوين جيب هوائى فى قمة الماسورة الأعلى. كذلك يراعى أن نتجنّب تكون الجيوب الهوائية فى أعلى محبس السكينة، إذا ركب رأسيا فى خط الشفط، لذلك ينبغى تركيبه بحيث يكون الساق أفقيا وربما لا يتضح بسرعة تأثير الجيوب الهوائية على التشغيل للمضخة فى كل الاحوال .



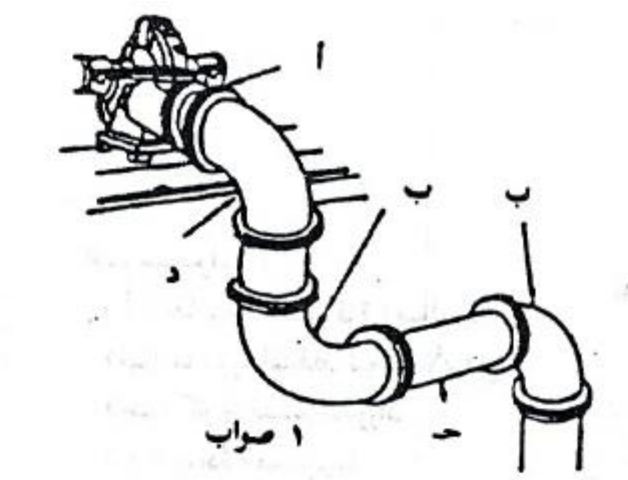
شكل ٦ ـ ٥ : التنظيم الصحيح لخطوط مواسير الشفط

وغالبا ما تدور المضخة بعد أن يتم تحضيرها بجيب هوائى فى خطوط الشفط، وقد تعمل بالصورة المعتادة لفترة من الوقت إلى أن ينسحب هواء كاف إلى الجيب فتفقد المضخة تحضيرها (الشفط). ومن الممكن علاج الخلل الناشئ عن جيب هوائى باعادة التحضير (اضطراريا)، وقد نضطر إلى القيام بالتحضير عدة مرات لتعمل المضخة بانتظام، وقد نستنزف عندئذ كل الهواء من الجيب مما يسمح بالتشغيل المنتظم للمضخة، ولكن الخلل يتضح ثانية بعد أعادة تشغيل المضخة، ولابد أن يتم التعديل الاساسى لترتيب خطوط مواسير الشفط.

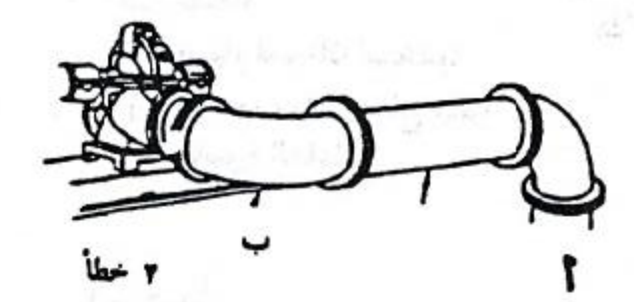
ويندر تركيب صمامات التتميم (ثابت الأتجاه) فى خطوط الشفط، ولكنها قد تستخدم أحيانا فى المنشأت التى تحتوى على مضختين أو أكثر عند الرغبة فى التشغيل على التوالى أو التوازى، ويؤدى ذلك إلى تقليل عدد المحابس التى ينبغى استخدامها لتغيير التشغيل من التوالى إلى التوازى.



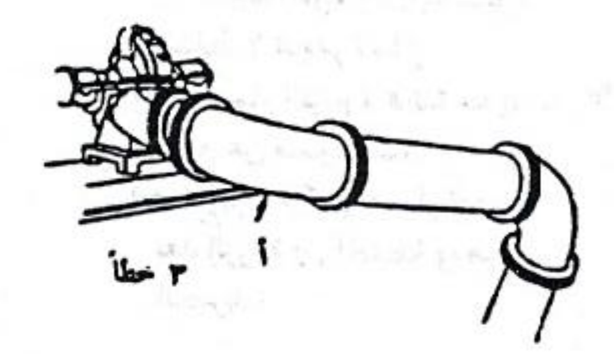
شكل ٦ ـ ٦ : توصيلات المواسير



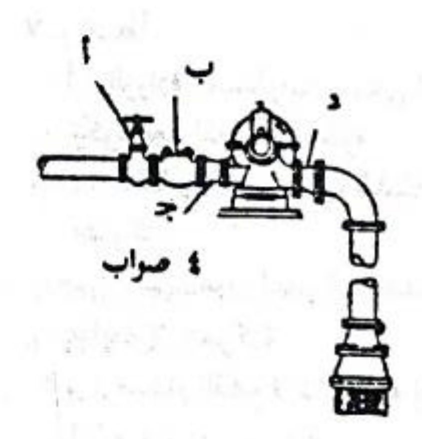
١ ـ صحيح :
(أ) نقاصة لا متمركزة (مسلوب)
(ب) كوع متسع الدوران
(جـ) انحدار الماسورة لأسفل
(د) يكون الكوع رأسيا بالضرورة قرب المضخة



٢ ـ خـــطأ
(أ) الماسورة أفقية
(ب) الكوع أفقى

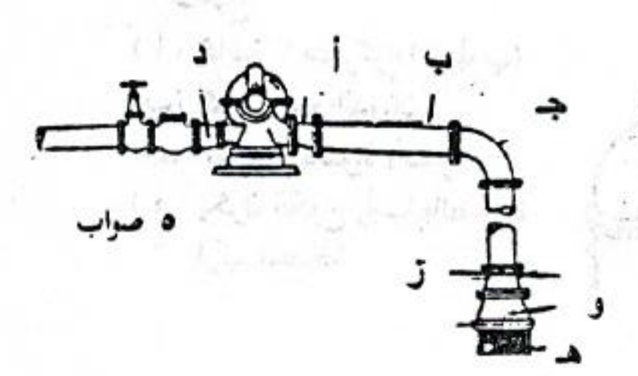


٣ ـ خـــطأ
(أ) الكوع ليس رأسيا

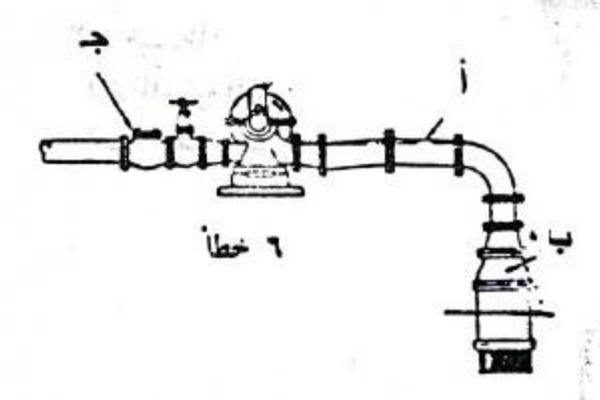


٤ ـ صـــواب
(أ) محبس سكينة
(ب) صمام تتميم
(جـ) زوادة (مسلوب)
(د) نقاصة لا متمركزة

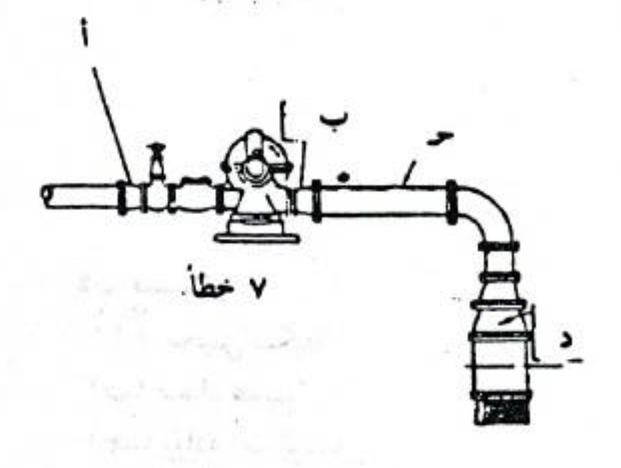
شكل ٦ ـ ٦ (أ) : اجمالى صواب وأخطاء تركيبات خط الشفط



٥ ـ صـــواب :
(أ) نقاصة لا متمركزة (مسلوب)
(ب) ماسورة الشفط تنحدر لأسفل
(جـ) كوع متسع الدوران
(د) زوادة (مسلوب)
(هـ) مصفاة
(و) صمام قدم (اذا استخدم)
(ز) المنســوب واطى يرتفع متـرا عن ماسورة الشفط.



٦ ـ خـطأ
(أ) جــيب هواء لأن مــاســورة الشفط لا تنحدر لأسفل
(ب) صمام القدم لا فائدة منه إذا ارتفع عن منسوب الماء.
(جـ) ينبغى تركيب صمام التتميم بعد الزوادة بين المضخة ومحبس التصريف .



٧ ـ خـطأ
(أ) الزوادة (مسلوب) ينبغى أن تكون بعد المضخة مباشرة
(ب) النقاصة فى جانب الشفط متمركزة
(جـ) جيب هواء لعدم استخدام نقاصة لا متمركزة
(د) صمام القدم لا فائدة منه إذا ارتفع عن منسوب الماء

شكل ٦ ـ ٦ (ب) : اجمالى صواب وأخطاء تركيبات خط الشفط

وتعتبر محابس القطع ضرورية فى خط الشفط خصوصا إذا كان علو (رأسى) الشفط موجبا، إذ يتحتم غلق المحبس قبل تفكيك قراب المضخة للصيانة أو الاصلاح، ويراعى فى حالة المضخات المزدوجة الشفط أنه لابد من تركيب أكواع مواسير الشفط فى وضع رأسى فحسب وقريبا من فتحات المضخة، وبحيث يكون الكوع معتدلا لأعلى أو أسفل، وذلك حتى يكون التدفق منتظما خلال الكوع، والمعروف أن التدفق قد يسمح بدخول ماء الشفط إلى ناحية أكثر من الثانية، ويؤدى بالتالى إلى نقص السعة وهبوط الجودة وربما قد يتسبب فى التهاب محامل (كراسى) الدفع.

ولابد أن تكون خطوط مواسير الشفط ذاتية الاستناد ولايصح بأى حال من الاحوال أن يتم تحميل المواسير على المضخة، شكل (٦ ـ ٦).

صمام القدم :

وهو صمام لا رجعى ويستخدم فى نهاية خط الشفط حتى يمكن ملء خط شفط المضخة بالسائل من مورد خارجى عند بداية التحضير، كذلك يفيد هذا الصمام عند الرغبة فى تسليط ضغط هوائى فى خط مواسير الشفط بغرض استبانة موضع التنفيث، ويجب أن تكون مساحة مقطع الصمام أكبر من مساحة مقطع ماسورة الشفط بمرة ونصف، كما ينبغى أن تكون القلابات مترنحة للخارج علويا مع اتجاه السائل المتدفق فى ماسورة الشفط، ويراعى عند استخدام صمام القدم أنه من الضرورى تركيب صمام تتميم فى خط التصريف إذا كان تصريف المضخة ضد علو (رأسى) استاتيكى مرتفع، وذلك لأن تداعى قوة محرك التشغيل أو رقوفه الاضطرارى سيسمح للماء أن يرتد للمضخة ومنها لصمام القدم المعلق فيتسبب فى طرق مائى مدمر.

ويعتبر تركيب المصافى أو الشبكات ضرورة مع صمام القدم حتى لا

ينسد أو ينحشر به شوائب تعوق تقاعده، وتفضل الشبكة عن المصفاة فى الحالات التى نتوقع فيها شوائب أو أوراق أو حطام عائم فى الماء مما قد يتسبب فى انسداد المصافى. وينبغى أن تكون فتحات الشبكة واسعة بدرجة تكفى لحفظ التدفق خلالها فى حدود لا تقل عن ٦ سم فى الثانية.

٦ ـ ٥ صندوق الحشو (الحبك) :

تكون المضخة فى العادة مزودة بصندوق الحشو قبل الشحن، فإذا كان من الضرورى تركيب صندوق الحشو، فلابد من تنظيفها جيدا قبل وضع الحشو بها، ويجب العناية عند قطع حلقات الحشو بحيث تتلاقى كل أطرافها من غير تراكب، كما يراعى أن توضع الاطراف بحيث تتخلف كل حلقة مع التى تليها، وبحيث ترتحل الاطراف المتتالية ١٨٠° ، وينبغى عند بدء تشغيل المضخة أن يتم التقريط على صندوق الحشو حتى يمتنع التفويت تماما ثم يتم بعد ذلك تهوية الرباط ليسمح بتسرب الماء من الحشو بمعدل نقطة كل ثلاث ثوان تقريبا، ولابد من السماح بهذا التسريب البسيط أثناء التشغيل إذ يسمح للسائل بتزليق (تزييت) الحشر، وبالتالى فهو يمنع أحتراقه أو إتلاف عمود الدوران، كما أنه يساعد على حبك الحشو لمنع تسرب الهواء إلى المضخة، وعند اكتشاف تسرب هوائى من خلال جلبة الحشو فمن المستحسن وضع زيت ثقيل فى صندوق الحشو قبل زيادة الرباط على صواميل جلبة زنق الحشو، ويلاحظ أن التقريط التام على الصواميل حتى ينقطع التسريب اللازم لعملية تزليق الحشو قد يؤدى إلى التهاب الجلبة وتجريح عمود الدوران أو انثنائه وزيادة (تجاوز) التحميل على محرك تشغيل المضخة. وينبغى أن تكون ماسورة توريد الماء لحبك الحشو (إذا كانت مركبة) سدودة للماء فإذا كان السائل المضخوخ حمضيا أو قذرا، فمن اللازم استحضار الماء المستخدم لحبك الحشو من مصدر خارجى نظيف، ويستحسن دائما أن نقوم بتدوير المضخة يدويا قبل بدء التشغيل حتى نتأكد أنه لا يوجد

احتكاك زائد فى صناديق الحبك، كما يراعى أن يتم تجديد الحشو من حين لآخر حتى تمنع التسريب الشديد.

٦ ـ ٦ المحامل والكراسى :

يصدر الصناع فى العادة تعليماتهم الخاصة للعناية بالمحامل ويمكننا هنا أن نسترجع بعض التوجيهات العامة، فمن الضرورى أن يتم تنظيف المحامل بعناية قبل بدء التشغيل، وذلك لازالة الاوساخ والمواد الغريبة التى قد تكون تراكمت أثناء الشحن والتركيب، فإذا كان المحمل من طراز الجلبة وحلقة التزييت فيتحتم ملء حوض الزيت بالنوع المناسب، طبقا لتوصيات الصانع، مع مراعاة تغييره كلما اتسخ، وتنظيف المحمل ثانية، وقياس مدى البلى (التآكل والبرى) عندئذ، ويتحتم مراقبة حلقات التزييت عند بدء تدوير المضخة بفتح غطاءات المحامل حتى نتأكد أن الحلقات حرة الدوران وغير معاقة، وينبغى أن يتكرر التتميم على حالة المحامل خلال الساعات الأولى للدوران وذلك لمراقبة حالتها وعدم التهابها (زيادة سخونتها) .

فإذا كانت المحامل من نوع رمان بلى فيتم تزليقها بالشحم الموصى به من الصناع، ويراعى بهذا الخصوص أن زيادة التشحيم قد تؤدى إلى التهاب المحامل مثلما يسببه نقص التشحيم، وتتسبب المواد الغريبة فى المحمل سواء صلبة أو سائلة إلى تجريحه واتلافه فى مدة قصيرة لذلك يتحتم مراعاة نظافته دائما .

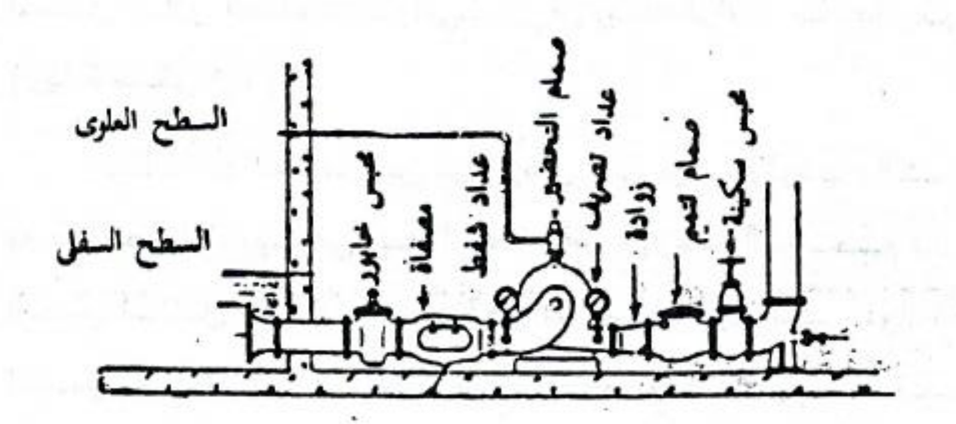
٦ ـ ٧ التحضير (بدء التدوير) :

لا يمكن أن تنتج المضخة المركزية ما تتطلبه من التفريغ لبداية تشغيلها ما لم يكن خط الشفط والقراب والدفاعة خالين من الهواء وممتلئين بالماء، وينبغى اتمام هذه العملية التى تسمى التحضير قبل بدء تشغيل المضخة حتى لا تسبب اتلاف الاجزاء الداخلية للمضخة والتى

تعتمد على الماء لتزليقها (تزييتها) أثناء الدوران. ولا يصح بأى حال من الأحوال أن تدور المضخة دون أن يكون فى قرابها وفرة من السائل لتزليق حلقات التلبيس، لذا ينبغى عدم تشغيل المضخة أثناء عملية التحضير، وسوف يتسبب دوران المضخة خالية من السائل ولو لثوان معدودة فى بلى (تآكل) الحلقات مما يؤدى إلى هبوط الجودة (الكفاية)، أما إذا استمر التشغيل الجاف لمدة أطول فربما يؤدى إلى التهاب المضخة ويسبب قفش (زرجنة) حلقات التلبيس.

وهناك أربعة مناهج عامة مستخدمة لتحضير المضخات المركزية، ولكل منها امتياز خاص فى أحد مجالات التطبيق، وسيجرى شرحها فيما يلى :

١ ـ تزويد المضخة بعلو (رأسى) شفط موجب

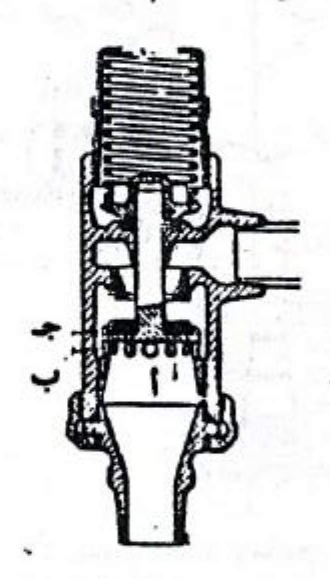


شكل ٦ ـ ٧ : مضخة مركزية ولها علو (رأسى) شفط موجب

ويتحقق علو الشفط الموجب بوضع المضخة تحت منسوب سطح التغذية، كما هو مبين فى شكل (٦ ـ ٧) ، وهو من أكثر المناهج المباشرة التى تضمن تحضير المضخة دائما، ولكن ربما لا يتيسر ذلك الوضع فى كثير من الانشاءات وتكون المضخة المركزية الرأسية ذات الدفاعة المغمورة جاهزة للتحضير ومستعدة للدوران، ولكن المضخة الافقية قد تصبح

محاطة بالهواء، حتى لو كان لها علو شفط موجب، وليمكن علاج ذلك الوضع ينبغى استخدام منفس هواء أو صمام تحضير ذاتى فى أعلى القراب ليطرد الهواء عند بدء التشغيل.

ويعمل صمام التحضير الذاتى على حفظ قراب المضخة خاليا من الهواء فيقلل من خطورة تشغيل المضخة وهى محاطة بالهواء، وقد صنعت هذه الصمامات لوحدات الضخ بالسيطرة الاتوماتيكية، ولكن عم استخدامها لأنها تسهل على الفنى القائم بالتشغيل مضايقات فتح منافس الهواء يدويا للتحضير ثم غلقها بعد التشغيل، ويبين شكل (٦ ـ٨) أحد الطرازات الشائعة لهذا الصمام، وهو ينفتح عند تبطيل المضخة ولكن عند دوران المضخة يخرج الهواء من الخروم (ب) والفتحة (جـ) إلى أن يبدأ الماء فى محاولة للمرور خلال (ب،جـ) فيوقع ضغطا على الدافعة أو يسبب تقاعدها على مقعدها فيغلق الصمام .



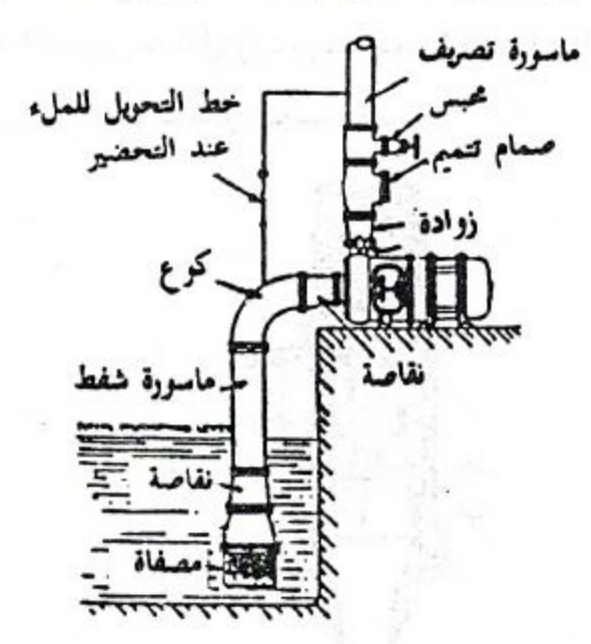
شكل ٦ ـ ٨ : صمام التحضير الذاتى

٢ ـ استخدام صمام القدم وتوصيلة لمل، ماسورة الشفط :

قد يتحتم فى كثير من الاحوال أن تكون المضخة فى موضع أعلى من منسوب التغذية وبالتالى فهى تعمل برفع شفط، ويبين شكل (٦ـ٩) أبسط الطرق المستخدمة للتحضير فى ذلك الوضع. ويتطلب هذا المنهج

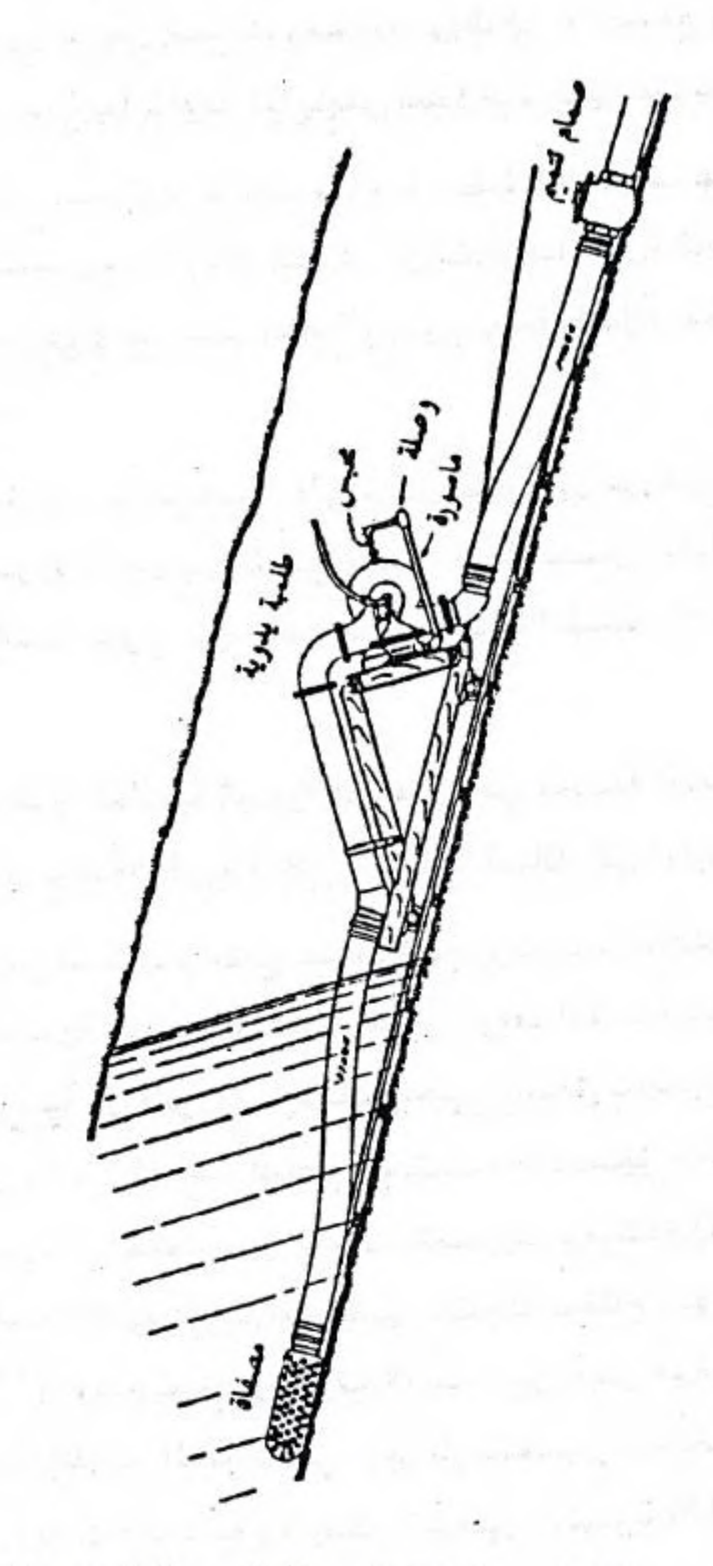
تركيب صمام القدم (لارجعى) عند النهاية المغمورة لماسورة الشفط. كذلك ينبغى تركيب وصلة تغذية بالسائل لجانب الشفط عند المضخة ويكون توريد السائل من أحد الموارد الآتية :

١ ـ خط تحويل بمحابس مرتبة لتوريد سائل التحضير من خطوط التصريف ذاتها (كما هو مبين بالشكل) وعندما لا يوجد صمام تتميم فى خطوط تصريف المضخة فمن الممكن فتح محبس التصريف ليسمح بارتداد الماء خلال المضخة إلى خط الشفط ويدفع الهواء من القراب، ولكن هذا المنهج لا يناسب الا المضخات الصغيرة، والتى لها خطوط تصريف قصيرة بدرجة لا تستدعى تركيب صمام التتميم لحماية المضخة من الطرق المائى عند الوقوف العارض (الفجائى) .



شكل ٦ ـ ٩ : صمام القدم ومنهج لملء التحضير

٢ ـ ماء تحت ضغط من شبكة خطوط الماء بالمدينة: ويترك محبس التصريف مغلقا بينما يسمح للماء بالتدفق فى ماسورة الشفط والقراب من مورد خارجى حتى يبدأ الماء فى السريان من منفس الهواء فى أعلى القراب (أو من صمام التحضير الاتوماتى) وسوف تظل المضخة ذات صمام القدم محتفظة بتحضيرها على الدوام ما لم يكن



شكل ٦ ـ ١٠ : استخدام طلمبة يدوية لتحضير المضخة

بالصمام تسريب (تنفيث) ولكن كثيرا ما يحدث أن تنحشر بعض الشوائب بين قرص الصمام ومقعده، وبالتالى لا تسمح بأحكام الغلق مما يسبب تسريبا طفيفا، لذا ينبغى أعادة التحضير عند بدء الدوران .

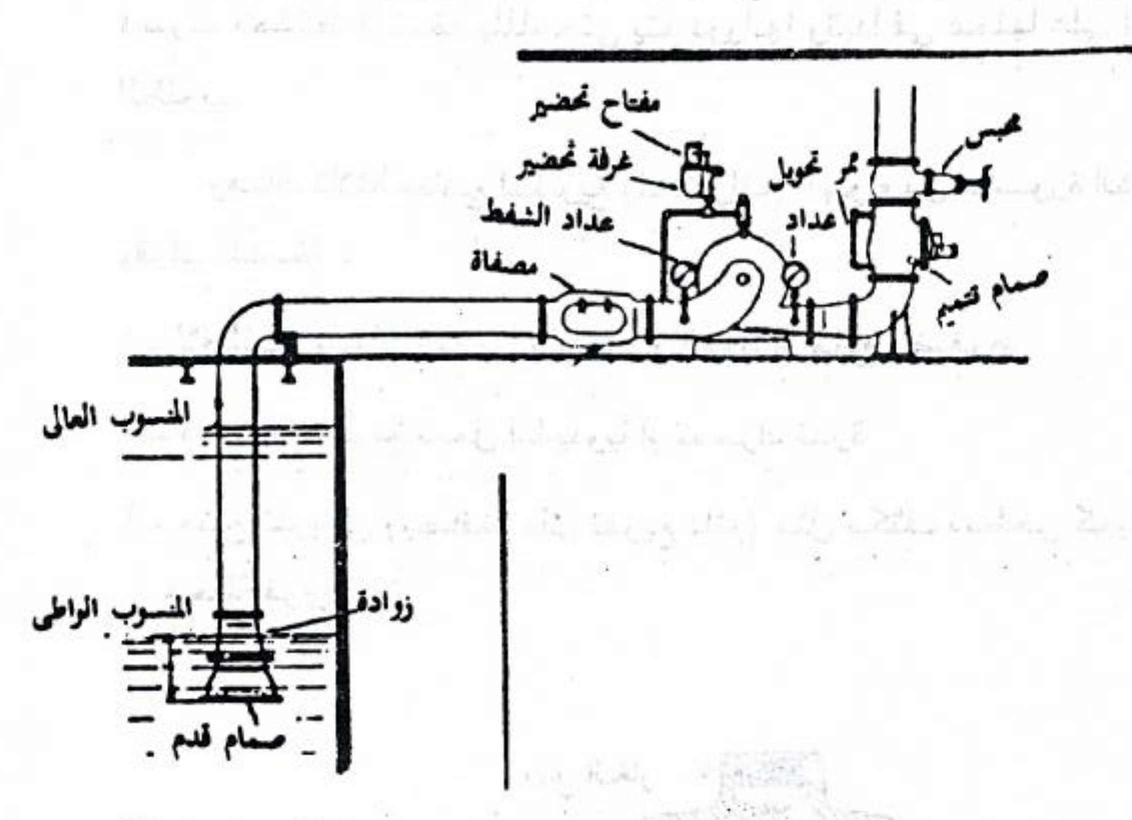
٣ ـ صهريج فى مستوى مرتفع ومتصل بخط التصريف عند نقطة بعد محبس التصريف، وهناك الكثير من التنظيمات لملء الصهريج سواء بصمام يدوى أو صمام عوامة ويقوم بعملية ملء خطوط الشفط للتحضير.

وعندما يصعب الحصول على سائل التحضير من مورد مستقل، أو إذا كانت ماسورة التصريف لا تتيح سحب ماء التحضير منها، فمن الممكن استخدام طلمبة يدوية لملء المضخة وماسورة الشفط بالسائل عند بدء التشغيل .

ويلاحظ أن الطلمبة اليدوية هى عبارة عن مضخة ترددية تشفط الماء بخلخلته حتى ينشأ التفريغ المطلوب لشفط السائل إلى قراب المضخة.

ولايصح استخدام منهج صمام القدم ومورد ملء الشفط لتحضير المضخات الكبيرة ما لم يكن هناك وسائل لوقف المضخة تلقائيا إذا فقدت الشفط وتمنعها من الدوران مرة ثانية حتى يتحقق تحضيرها من جديد، ويبين شكل (٦ ـ ١١) أحد المناهج المستخدمة لتحقيق ذلك، ويتكون من ممر حول صمام التتميم من جانب التصريف ومفتاح (كهربى) يتأثر تشغيله بواسطة التتميم وغرفة تحضير متصلة بمفتاح (كهربى) تحضير، شكل (٦ـ١١)، ويتم توصيل غرفة التحضير بأعلى قراب المضخة عن طريق صمام اللولب المغناطيسى، فإذا تم تحضير المضخة لغلق مفتاح التحضير ودارت المضخة ولا يمكن تشغيل المضخة الا اذا كان مفتاح التحضير مغلقا اذ أنه يتصل بملف اللاتيار (الفصل عند انقطاع التيار) على التوالى ويسبب فصل آلة بدء تدوير المحرك الكهربى، وطالما تم

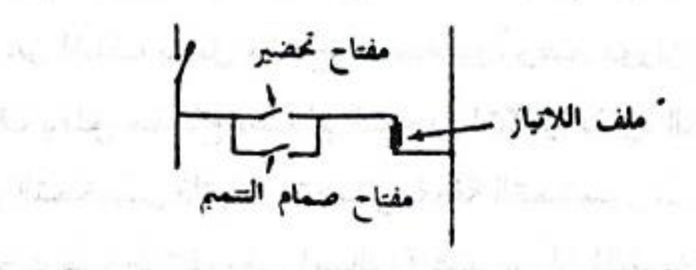
التحضير سوف يمر التيار فى الملف أما إذا أخفق التحضير فسوف يفصل التيار عن الملف بفعل مفتاح التحضير، وعند دوران المضخة بشكل سليم فسوف يغلق مفتاح صمام التتميم لتكمل دائرة التشغيل ويغلق عندئذ صمام التحضير ذاتيا، وتتصفى غرفة التحضير فى ماسورة الشفط التى تقع تحت ضغط تفريغى (سالب) عند دوران المضخة، فإذا فقدت المضخة تحضيرها (شفطها) تسقط قلابة (قرص) صمام التتميم ويفتح مغناطيسها الدائرة فتقطع التيار عن ملف اللاتيار وتقف المضخة .



شكل ٦ ـ ١١ : تنظيمات الغلق الاتوماتى اذا فقدت المضخة شفطها (تحضيرها)

٣ ـ تفريغ (استنزاف) الهواء من المضخة وماسورة الشفط :

يعتبر التحضير بتفريغ الهواء من المضخة وماسورة الشفط أحد المناهج العديدة والشائعة، وعند تفريغ الهواء فإن الماء (من مورد التغذية) يحل محله إلى أن يملأ قراب المضخة، وطالما حافظنا على مقدار التفريغ



شكل ٦ ـ ١٢ : تخطيط الاسلاك لتنظيمات الغلق الاوتوماتى

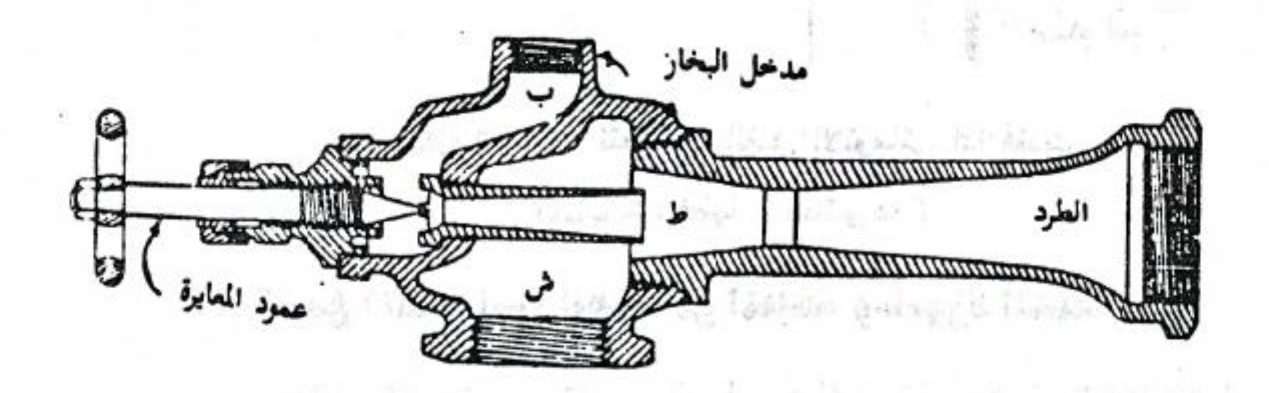
فسوف تحتفظ المضخة بالماء حتى يتم دورانها وتبدأ فى عملها على الوجه المطلوب.

وهناك ثلاثة مناهج لتفريغ (استنزاف) الهواء من ماسورة الشفط وقراب المضخة :

١ ـ لافظات (قاذفات) تعمل بالبخار أو الهواء أو مائع مضغوط

٢ ـ مضخات تفريغ تعمل إما يدويا أو بمحرك قدرة

٣ ـ منبع تفريغى (يحافظ على تفريغ دائم) مثل مكثف سطحى كبير فى محطة قوى .



شكل ٦ ـ ١٣ : مقطع خلال محضر المضخة طراز اللافظ

ويعتبر اللافظ من أبسط وأرخص مناهج التحضير للمضخات المركزية، ويعم استخدامه حيثما أمكن الحصول على هواء أو بخار مضغوط، ويوضح لنا شكل (٦-١٣) مقطعا فى لافظ بخارى، ويدخل البخار بسرعة مرتفعة عند الفتحة (ب) ثم يمر للخارج من الفتحة (ط)، ويشفط الهواء خلال مروره من الفتحة (ش) والتى تتصل بنقطة عليا فى قراب المضخة، وينشأ فعل الشفط بتأثير النفاث المرتفع السرعة خلال الفتحة (ط) والتفريغ الناشئ عندما ينكمش البخار الساخن ويبرد أثناء خروجه من الفتحة (ط) ويختلط بالهواء البارد المشفوط من المضخة وخطوط الشفط .

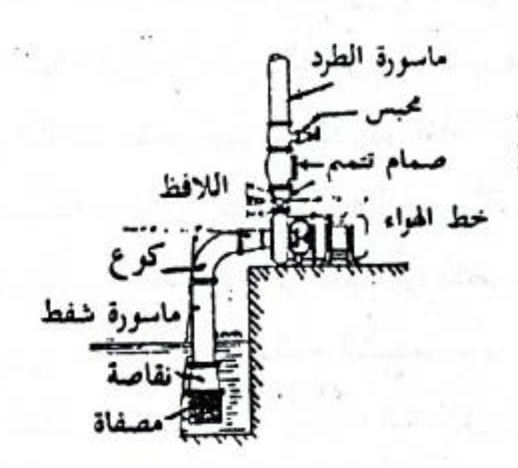
ويصعب فى كثير من الاحوال أن نستيقن من انتهاء التحضير للمضخة بمراقبة العادم الملفوظ (المطرود) ، من اللافظ، لذلك فيحتمل أن يتم تشغيل المضخة قبل أن يتم بالفعل تحضيرها، والمعروف أن البخار أو الهواء المار فى اللافظ يتسبب فى تذرير الماء المشفوط من المضخة الى جسيمات دقيقة جدا، وقد ينخدع أى مراقب لطرد القاذف عن حالة التحضير، ولا يمكن الاطمئنان الى تشغيل المضخة الا اذا استخدمنا نفس الترتيب المشروح سابقا عن مفتاح التحضير الكهربى ومفتاح صمام التتميم فى الدائرة الكهربية، وبهذا الشكل يمكننا أن نتلافى خطورة تشغيل المضخة قبل أن يتم التحضير، ولابد من استخدام صمام القدم فى خط الشفط خصوصا اذا كان طويلا.

ويلاحظ فى اللافظ المبين بالشكل وجود ساق مقلوظة تحرك مخروط مدبب وهو يسمح لنا بمعايرة (تنظيم) تدفق البخار أو الهواء المضغوط بواسطة لف (تدوير) مقبض العمود، وبهذه الوسيلة يمكننا ضبط نفاث التشغيل ليناسب حالة البخار أو الهواء المضغوط، كذلك يمكن فى أنواع أخرى من اللافظات أن نتحكم فى معايرة الفوهة (فونية) « ط » وذلك لتحسين الأداء .

ويعتبر البخار وسيطا مثاليا لتشغيل اللافظ، وذلك لأن تكثف البخار يزيد من كمية التفريغ، فإذا استخدم الهواء بدلا من البخار قلت سعة اللافظ بحوالى ٢٠٪ وبذلك يزداد الوقت اللازم للتحضير، شكل (٦-١٤).

ويستخدم الماء أو أى مائع بدلا من البخار أو الهواء المضغوط اذا لم يمكن الحصول عليهما، ويختلف تصميم اللافظ باختلاف المائع (وسيط التشغيل) المستخدم وتزود فوهة اللافظ المائى عادة بحلزون يعطى نفاث الماء فى الفوهة حركة دوامية تسبب زيادة الشفط وتساعد على طرد الهواء.

ويمكن تشغيل اللافظ المائى بمياه خط التصريف اذا كان ضغطها وحجمها يناسب ذلك.

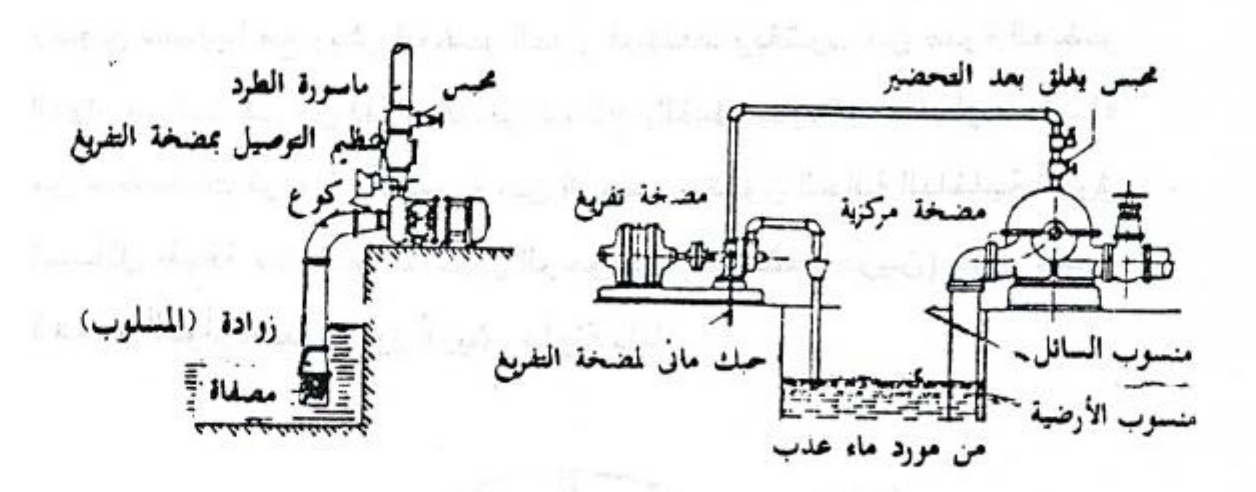


شكل ٦ - ١٤ : تنظيمات المواسير لتحضير المضخة باللافظ وخط الهواء

٤ - التحضير بمضخة خاصة للتفريغ :

وتعتبر أكثر الوسائل ملاءمة لتحضير المضخات المركزية الكبيرة، لذلك تستخدم على نطاق واسع للانشاءات الهامة والمرتفعة التكاليف كما هى فى شكل (٦-١٥)، ويتم تشغيلها إما بالتحكم اليدوى أو التحكم الآلى (الاوتوماتى)، ولا يستلزم استخدام صمام القدم عند التحضير بمضخة

التفريغ فإذا استخدمت مضخة جيدة للتفريغ مع منظم للتفريغ فليس هناك احتمال المخاطرة بتشغيل المضخة المركزية (الرئيسية) قبل تمام تحضيرها هذا واذا تواشجت (تشابكت بفعل مرتب) وسائل التحكم بطريقة صحيحة .

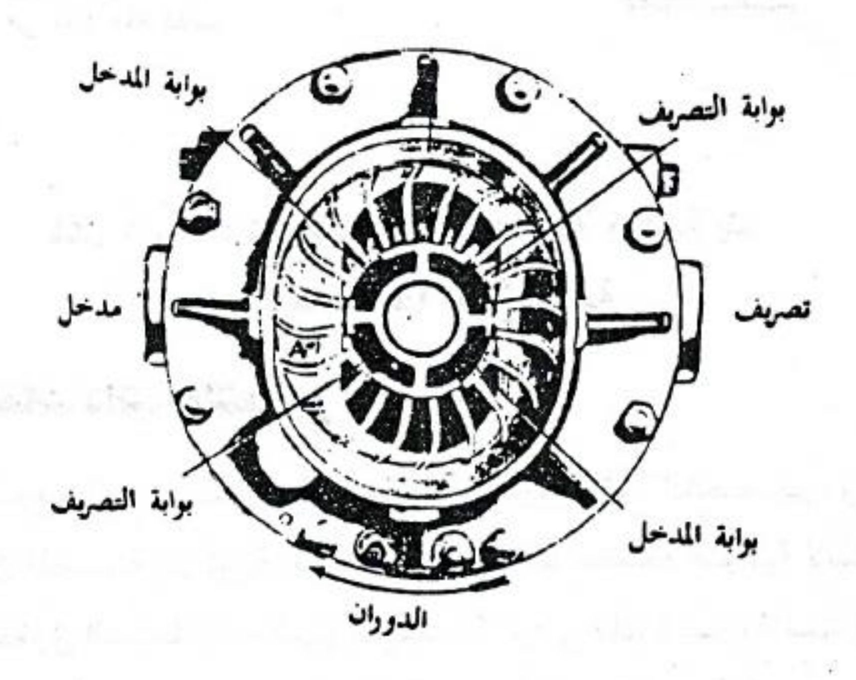


شكل ٦ ـ ١٥ : تنظيمات المواسير لمضخة مركزية يتم تحضيرها بمضخة تفريغ خاصة

٥ ـ المضخات ذاتية التحضير :

يشيع حاليا استخدام المضخات المركزية ذاتية التحضير، وتتكون أساسا من المضخة المركزية المعتادة وملحق بها مضخة هوائية لاستنزاف الهواء وتحقيق الشفط (السالب) للمضخة، وهى قادرة بدرجة ممتازة على مداولة الهواء حيث يتم شفطه من المواسير وتصريفه للهواء الجوى، وتقوم بعملها كشفاط للهواء وكضاغط غازى فى نفس الوقت، ويمكنها التصرف فى الهواء المتسرب بكميات بسيطة أو فى المياه المختلطة بالغازات بصورة مستمرة دون هبوط فى اداء المضخة.

وتتكون مضخة الهواء بالطوق السائل، كما هو مبين فى شكل (٦-١٦) من عضو دوار بريش دائرية مركبة أسفل قرص الدوران وتدور فى قراب بيضاوى، ويتم سحب مياه الحبك الى القراب خلال ماسورة تزويد (امداد) ويتدفق الماء على محيط القراب بفعل القوة الطاردة المركزية الناشئة من العضو الدوار والطوق السائل ويدور الطوق السائل بشكل رحوى نسبيا مع ريش العضو الدوار فيبتعد ويقترب من صرة العضو الدوار مرتين فى كل لفة وبالتالى فينتج بالفعل مايمكن اعتباره سلسلة من مضخات ترددية مكبسية بين الريش، وتكون الحافة الداخلية لطوق السائل طبقة متاخمة للقلبين الرحويين (اللامتمركزين) حول صرة العضو الدوار حينما تدور الريش مليئة بالماء .

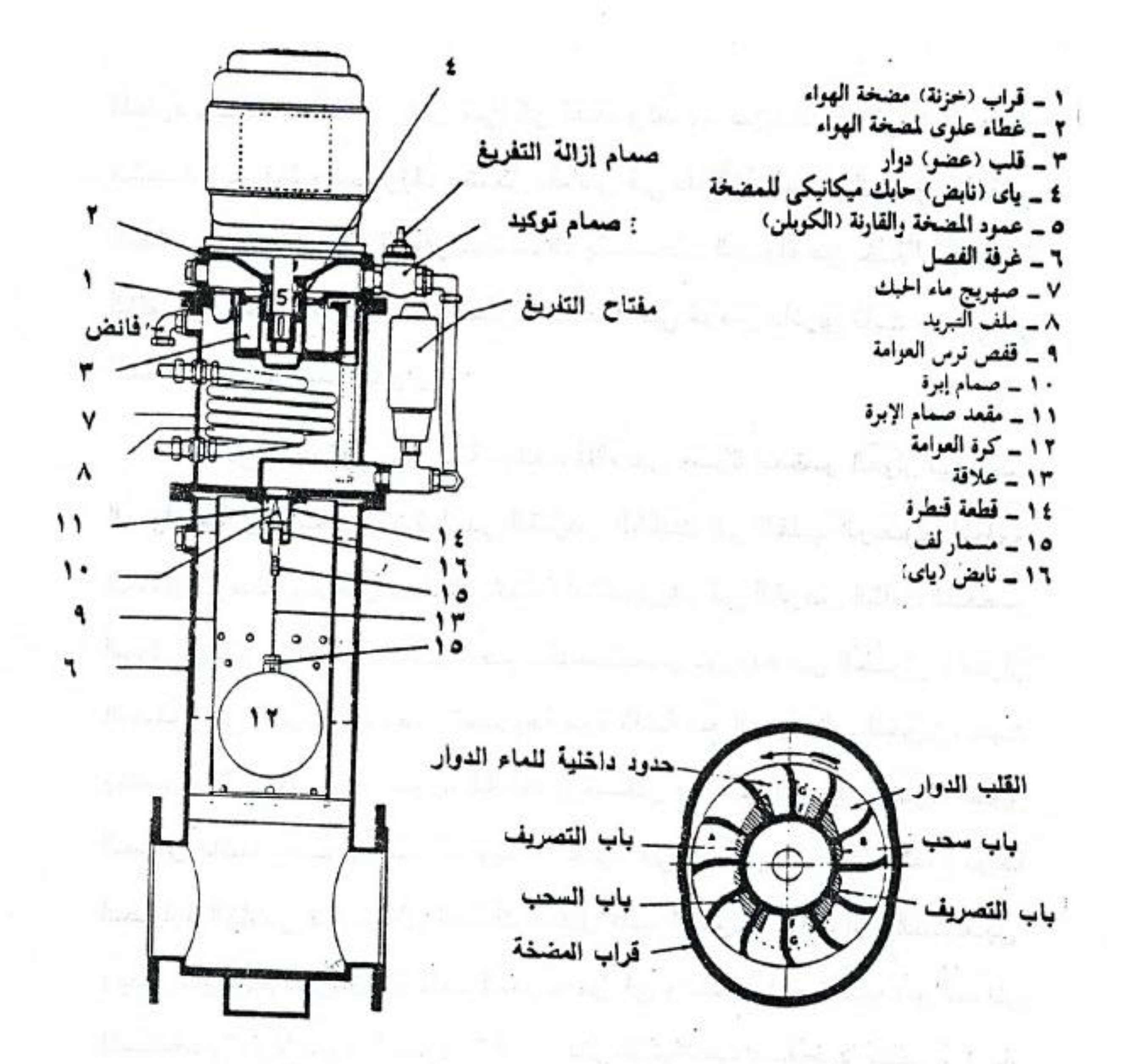


شكل ٦ ـ ١٦ : مضخة تحضير هوائية للمضخة المركزية .

وبافتراض أن الحيز بين كل ريشتين يمثل اسطوانة فإنه فى نصف لفة يندفع الماء للخارج ثم للداخل مرة ثانية فيؤدى شوطا للشفط وأخرا

للطرد ويتكرر ذلك مرتين فى كل لفة. ونفهم من ذلك أنه لو كان هناك فتحات شفط وتصريف بشكل خاص فى طريق المسار الرحوى للقلب الناشئ عن السائل الدوار فسوف ينسحب الهواء من خلال فتحة التصريف كلما مرت الريش على الفتحات فى قرص دائرى ثابت مركب فى الغطاء فوق العضو الدوار .

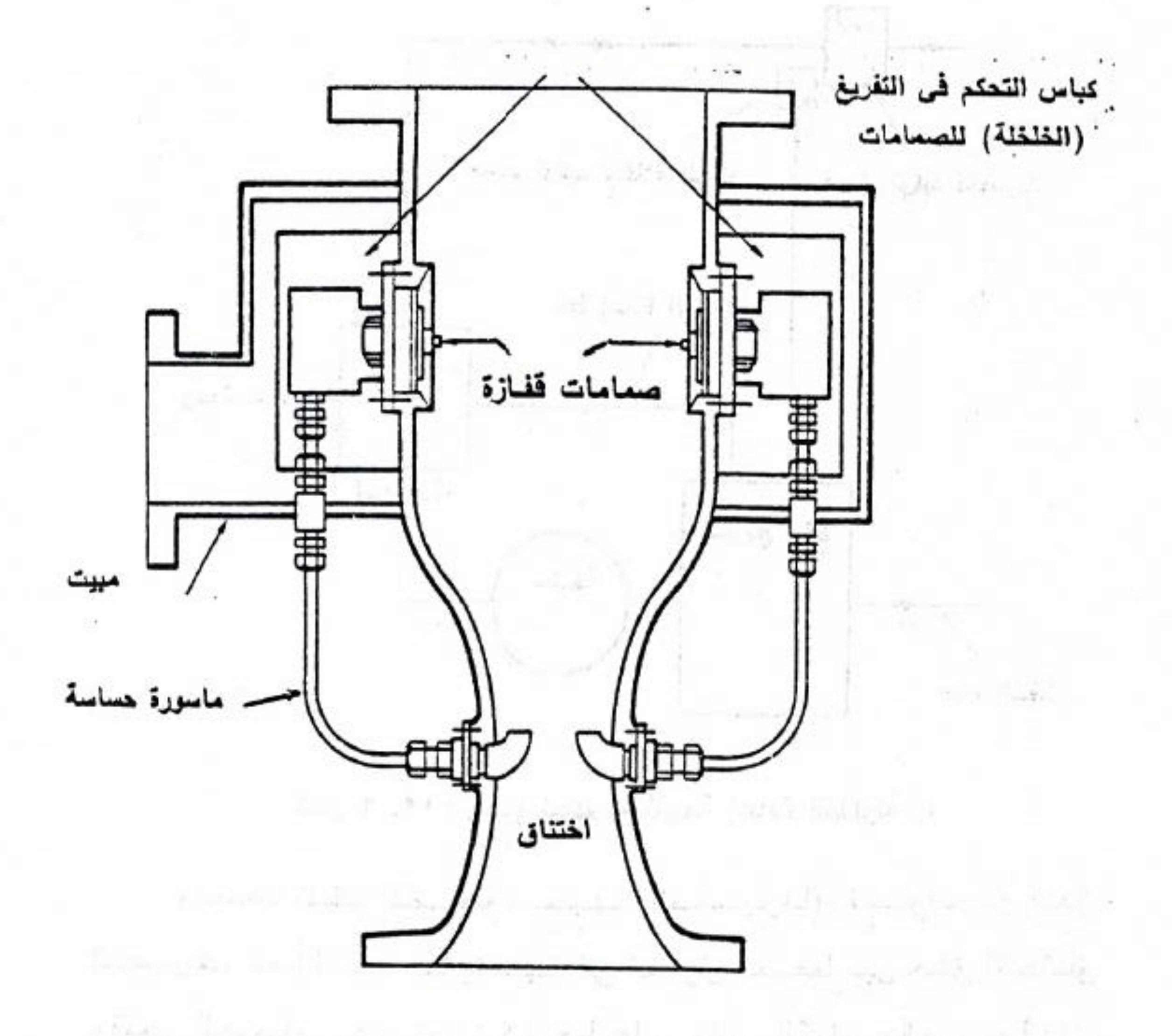
وعلى ذلك ففى كل لفة يبتعد الماء عن صرة العضو الدوار ليسحب الهواء خلال فتحة الشفط فى القرص الثابت الى القلب الرحوى للطوق السائل، ومنه يتم طرده خلال فتحة التصريف فى القرص الثابت للعضو الدوار. ويتم مداولة سائل الحبك المستمر توريده من الخزان (خزان الحبك) الى القراب ثم يعاد تصريفه مرة ثانية مع الهواء الى الخزان، حيث ينصرف الهواء من ماسورة الفايظ ويضمن لنا ذلك الدوران وجود الطوق السائل دائما، ويقوم ملف التبريد الموجود فى الخزان بتحديد ارتفاع درجة الحرارة الناشئ من سائل الحبك خلال المدد الطويلة للدوران والتشغيل. ويمكن أن يتم توريد الماء لملف التبريد من أى وصلة ماء مناسبة (أو السائل المستخدم). ولا يلزمنا سوى ١٥٢ لتر/ثانية عند ضغط لا يتجاوز ٢ بار للقيام بذلك .



شكل ٦ ـ ١٧ : التنظيمات المقطعية للتحضير بحلقة السائل

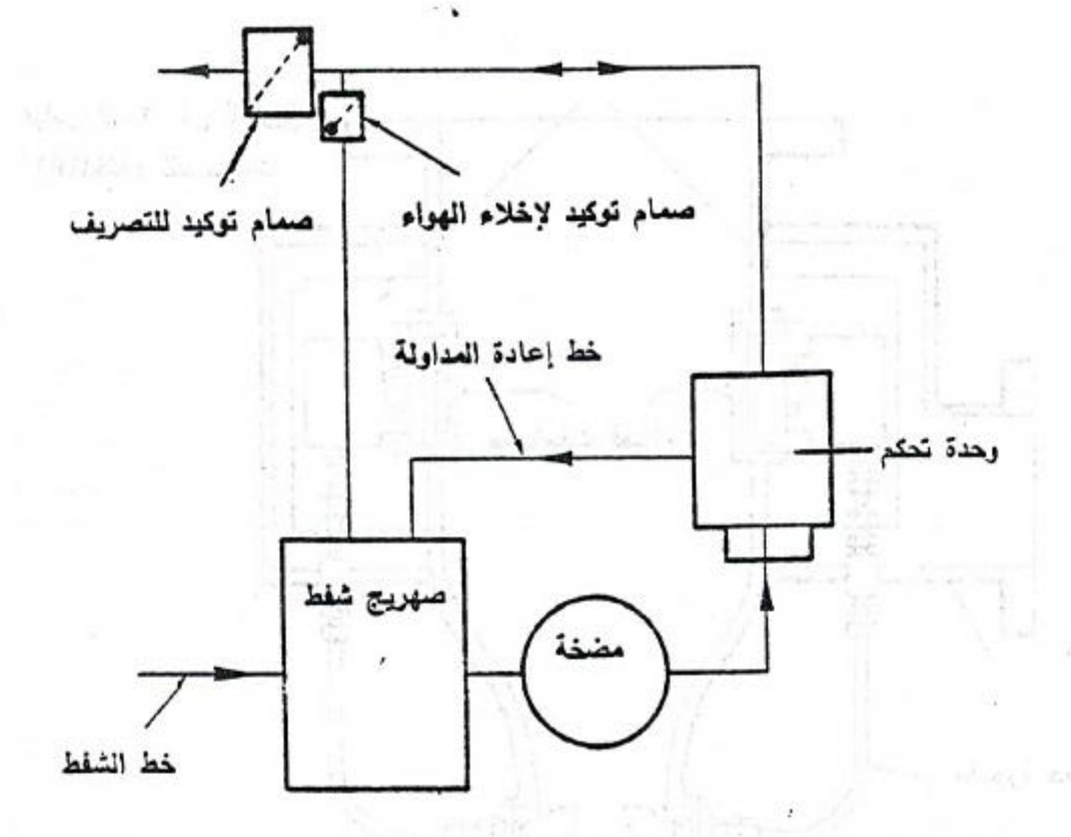
٦ ـ منظومة المداولة العائدة

تتأسس فكرة هذه المنظومة على إعادة مداولة بعض عمود التصريف للسائل ثانية إلى خط السحب لإعادة تحضير المضخة، ويبين الشكل ٦ ـ ١٨ تنظيما نمطيا حيث يتم التحكم فى إعادة المداولة بواسطة المنسوب (المستوى) فى صهريج السحب أو سرعة التدفق فى ماسورة التصريف أو فارق الضغط .



شكل ٦ ـ ١٨ : منظومة المداولة العائدة

ويوضح الشكل ٦ ـ ١٩ تنظيماً تخطيطياً لوحدة التحكم، وسوف يراعى فى حالة دوران المضخة ان زيادة سرعة السائل فى الإختناق يسبب انخفاضا فى الضغط عنده، وينتقل بالتالى بواسطة تجميعه أنبوبة حساسة إلى مؤخرة الكباس المؤثر على الصمام القفاز، وبعدما يمر السائل فى الإختناق يكتسب ضغطه الأصلى نتيجة لانخفاض السرعة، وتكون الصمامات القفازة بتشغيل الكباس مفتوحة فى العادة، وعندما يقع التدفق خلال الاختناق، فسوف يتسبب انخفاض الضغط الناشئ عندئذ أن تغلق الصمامات، وتكون المنظومة حساسة للتدفق فحسب وليس لضغط التصريف أو الثقل النوعى أو لزوجة السوائل المضخوخة.



شكل ٦ ـ١٩ : وحدة تحكم لمنظومة إعادة المداولة

وعندما تفقد المضخة سحبها (تحضيرها)، فسوف يقل تدفق التصريف تبعاً لذلك، مما يتسبب فى تساوى الضغط بين حلق الاختناق وقفص الصمام، وعند توازن الضغط على جانبى الكباس والصمام القفاز فسوف يفتح صمام التحكم، ويسمح ذلك للسائل الموجود فى خط التصريف بين صمام التوكيد للتصريف الرئيسى وصمام التحكم أن يرتد ليعود ثانية خلال خط المدوالة إلى صبهريج السحب، ويتم تصميم هذا الصهريج بحيث تكون كمية السائل فى خط التصريف ما بين وحدة التحكم وصمام التوكيد للتصريف مساوية للحيز الموجود فى الصهريج ما بين مدخل السحب (فى صهريج السحب) وعين الدفاعة.

وحالما تتغمر عين الدفاعة بالماء، فسوف تسترجع المضخة تحضيرها وتبدأ الضخ، وحتى يمكن للسائل أن يرتد ثانية من وحدة التحكم إلى

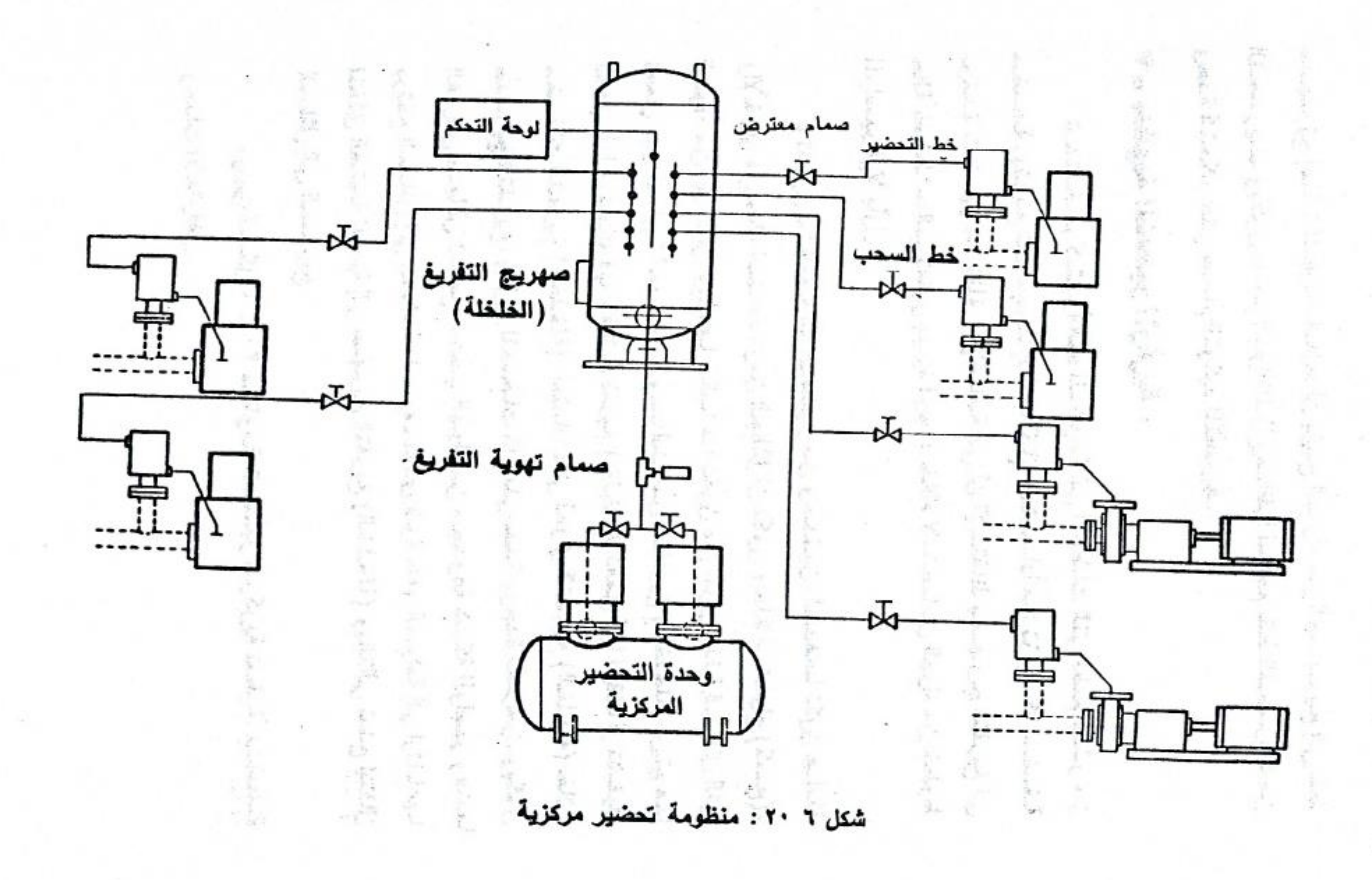
صهريج إعادة المداولة، فلابد أن يزيح الهواء من الصهريج إلى خط التصريف ويكون حجم الهواء المزاح مناظرا لحجم خط التصريف من وحدة التحكم حتى صمام التوكيد للتصريف.

٧ ـ منظومة التحضير المركزية :

تستخدم كثيراً هذه المنظومة فى المحطات التى تضم أكثر من مضخة، يتوقع تحضيرها إذ أنها أكثر اقتصاداً من تزويد كل مضخة بوحدة تحضير مستقلة، بالإضافة إلى أن الإحتفاظ بصهريج التفريغ فى حالة ضغط سالب تعتبر ميزة لوجود خلاء لامتصاص الهواء من خطوط المواسير أولاً بأول .

وتتكون منظومة التحضير من وحدتين، أحدهما تكون عاملة والأخرى فى حالة استعداد، ومن الجائز أن تكون وحدة استخراج (كسح)، الهواء من أى طراز، ولكنها غالبا ما تكون من طراز حلقة السائل التى تعمل بين معايرة لحد أقصى وحد أدنى من التفريغ (الخلخلة)، ويتم هذا الفعل آليا ويتحكم فيه مفاتيح تفريغ (خلخلة) تعمل آليا لوقف أو تشغيل مضخات التفريغ (الخلخلة) . اعتمادا على أحوال التفريغ (الخلخلة) خلال صهريج التفريغ، وتزود المضخات كل على حدة بوحدة اعتراض. ويكون الغرض منها أن تسمح بسحب الهواء من مجموعة شبكة المواسير وعندما يرتفع السائل إلى العوامة، فسوف تؤدى قوة طفو العوامة إلى ارتفاعها لتغلق الفتحة المؤدية إلى صهريج التفريغ (الخلخلة) وبالتالى تمنع انتقال السائل إلى الصهريج.

ويبين الشكل ٦ ـ ٢٠ منظومة تحضير مركزية نمطية، متضمنة وحدات الاعتراض.



شكل ٦-٢٠ : منظومة تحضير مركزية

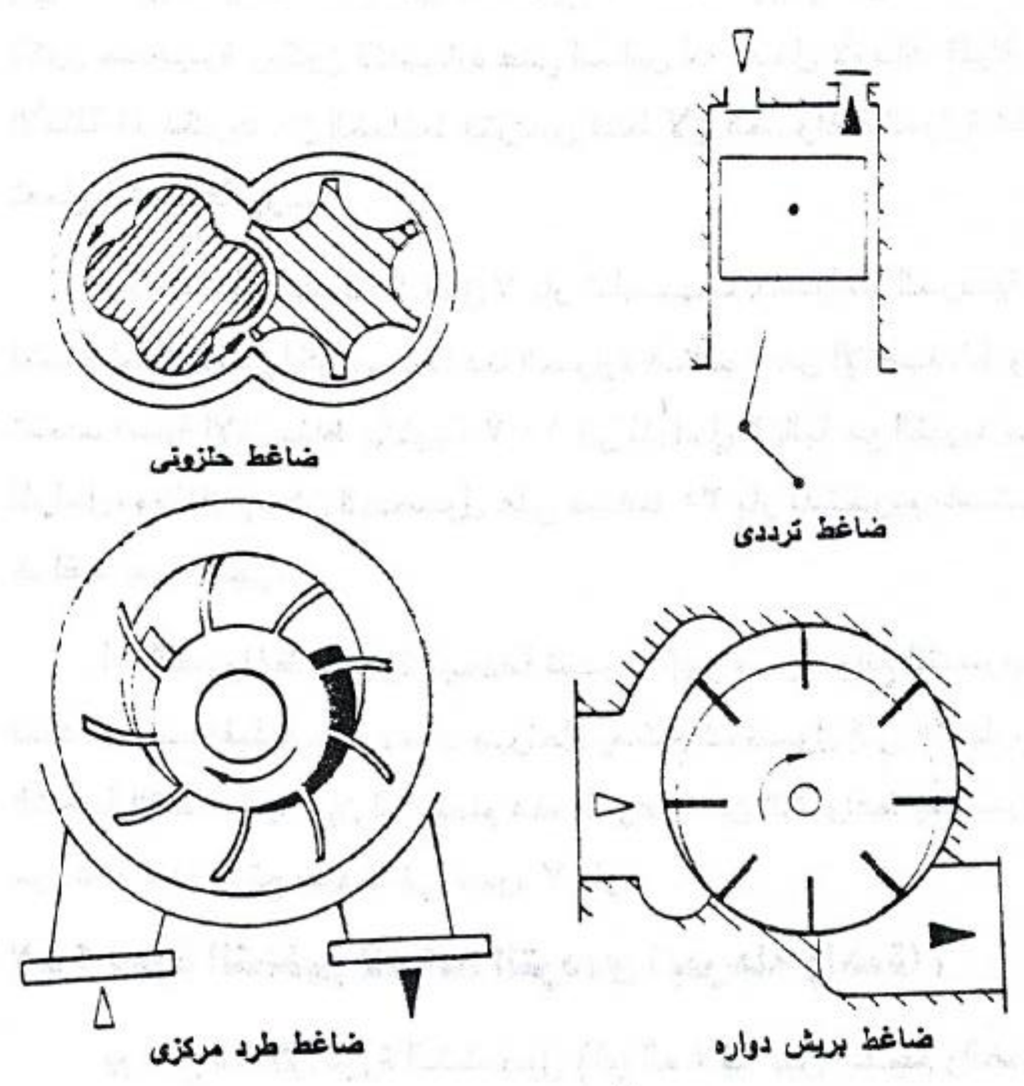
الباب السابع

ضـواغط الهـواء

نستعرض فى هذا الباب أنواع الضواغط، ونبين أجزاءها ومكوناتها ومنظوماتها، كما نوضح الملحقات المتممة لعملها، وتعدد المراحل فى تشغيلها ، ونستعرض دورة تشغيلها ومعنى الكفاءة الحجمية فى أدائها، كذلك نبين أوضاع التركيب والتشغيل السديدة، ونشرح إجراءات الصيانة اللازمة لها، مع بيان طرق التشغيل الذاتى فى دورانها.

٧ ـ ١ اختيار الضاغط المناسب

تعتبر عملية انتقاء المعدة المناسبة عاملا مهما إذا أردنا الحصول على الفائدة المرجوة منها، لأن سوء الإختيار يؤدى إلى الكثير من المتاعب فى التشغيل والصيانة، فعلى سبيل المثال إذا نظرنا إلى ضاغط الهواء الترددى الذى يستخدم فى بدء حركة المحركات الديزل فسنجد أن ساعات تشغيله السنوية قليلة، وعادة ما يدور لفترات قليلة فيما عدا مناسبة أو اثنتين عندما تتطلب الظروف أحيانا، وهنا يمكن أن نختار الضاغط ليناسب أقصى حمل متوقع، أما إذا تم اختيار الضاغط على هذا الأساس وتم تشغيله لفترات طويلة فسيحتاج إلى عمليات صيانة أكثر وتزداد أعطاله.



شكل ٧ ـ ١: أنواع مختلفة من الضواغط

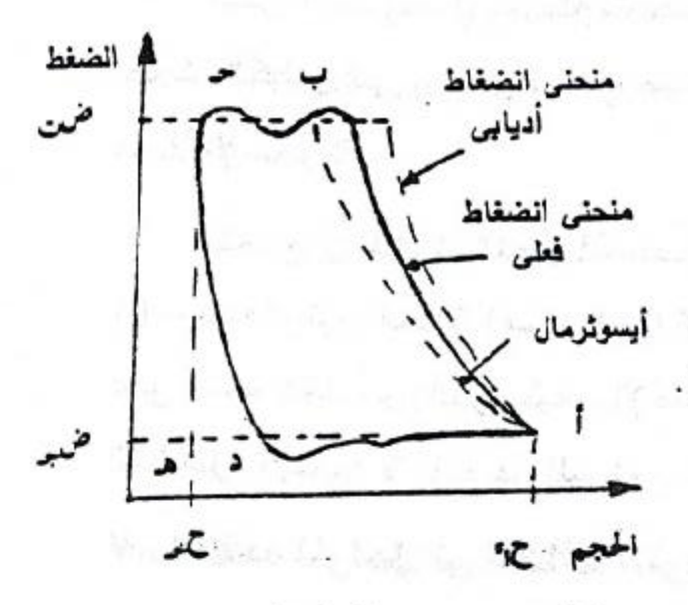
حتى إذا كان الضاغط مخصصا لعملية بدء الإدارة للمحرك فقط فإن نوعية أداء المحرك تدخل فى الاعتبار، فإذا افترضنا أن المحرك فى سفينة عبارة ذات رحلات قصيرة فإن الضاغط يعمل بصفة مستمرة يُكون اختيار مثل هذا الضاغط على أساس أنه بإستعمال مستمر. أما ضاغط الهواء المخصص لأعمال التحكم فيتم اختياره على أساس العمل المتصل ٢٤ ساعة يوميا وعلى أساس الخدمة غير الشاقة، ويعتبر الضاغط الأكثر تعرضا لسوء الاستخدام هو النوع الذى يطلق عليه ضاغط «تكملة الملء» الذى عليه تعويض المستهلك من الهواء فى الاستخدامات المختلفة اضافة إلى التسربات وعادة ما يعمل هذا النوع ٢٤ ساعة يوميا لأن سعته عادة ما تكون صغيرة ويكون اختياره على أساس أنه يعمل لأوقات قليلة، هذه الأمثلة قد ذكرت عن الضاغط الترددى فقط لأن الضواغط الدوارة عادة ما تعمل ٢٤ ساعة يوميا .

ولا شك أن الضغوط فوق ٧ بار تناسبهما الضواغط الترددية نظرا لشدة إحكامها ولكن يحدنا هنا الحرارة الناتجة عن الإنضغاط وبذلك تتحدد نسبة الانضغاط بالقيمة ٧ : ١ فى المراحل التالية مع التبريد ما بين المراحل، وبذلك يمكن الحصول على ضغط ٣٥ بار للتقويم باستخدام ضاغط بمرحلتين.

أما الضواغط الدوارة فيحدها تسرب الهواء من موانع التسرب بها، لذلك فالضاغط الدوار بست مراحل يمكنه الوصول إلى ٣٥ بار، ومن الناحية الاقتصادية فإن استخدام هذه النوعية من الضواغط يقتصر على مرحلة واحدة تنتج ضغطا فى حدود ٧ بار.

٧ ـ ٢ دورة التشغيل للضاغط الترددى (بمرحلة واحدة) :

يرضح الشكل دورة التشغيل (أى العلاقة بين الحجم والضغط) لضاغط ترددى بمرحلة واحدة.



ح ا : حجم الإزاحة (حجم الإسطوانة).
ح خ : حجم الخلوص (الكباس فى ن.م.ع).
ض جـ : الضغط الجوى (الإبتدائى).
ض ت : ضغط التصريف (النهائى).

شكل ٧ ـ ٢ : دورة تشغيل ضاغط ترددى بمرحلة واحدة

تمثل نقطة (أ) وضع الكباس عند النقطة الميتة السفلى (ن . م. س) وتكون الإسطوانة عندئذ ممتلئة بالهواء عند ضغط جوى، وصمامات السحب والتصريف مغلقة.

يمثل الخط (أ ـ ب) مرحلة الانضغاط الناتج عن حركة الكباس فى مشواره الصاعد من ن . م. س إلى ما قبل النقطة الميتة العليا (ن . م. ع.) ويصل الضغط إلى ض ت.

يمثل الخط (ب ـ جـ) مرحلة تصريف الهواء من خلال صمام الطرد الذى يفتح بفعل ضغط الهواء الذى يتغلب على نابض الصمام، ويستمر خروج الهواء بضغط ثابت تقريباً خلال الجزء الباقى من مشوار الكباس حتى ن.م.ع.

يمثل الخط (جـ ـ د) مرحلة تمدد الهواء الباقى فى حيز الخلوص أثناء رجوع الكباس فى مشواره الهابط من ن.م.ع إلى أن يصل الضغط لأقل من ض جـ (الضغط الجوى).

يمثل الخط (د ـ أ) مرحلة سحب الهواء بفعل التفريغ الناشئ من حركة الكباس إلى ن.م.س فيفتح صمام السحب ليدخل الهواء الجوى فيملأ الإسطوانة .

يتضح أن المشوار الفعال لسحب الهواء يقع فى المسافة من (د) إلى (أ)، بينما تعتبر المسافة (هـ) ـ (د) الفاقد فى مشوار السحب، وتعتمد على حجم الخلوص، الذى ينبغى الإحتفاظ بقيمته الصحيحة لسلامة التشغيل، وبحيث لا يزيد عن المسموح فلا يسئ إلى كفاءة الضاغط.

٧ ـ ٣ تعدد المراحل فى الضاغط الترددى :

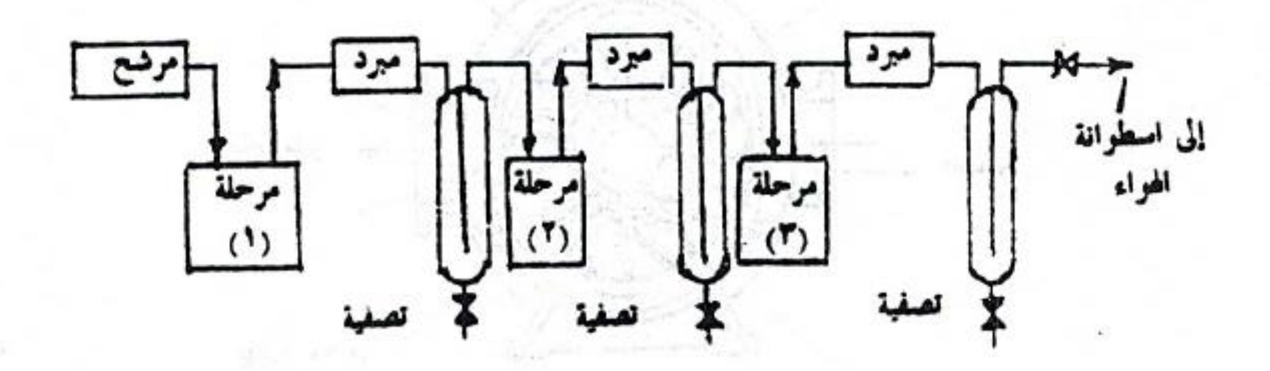
تخضع عدد مراحل الضاغط لضغط الهواء النهائى المطلوب، وكلما زاد الضغط النهائى، كلما زادت عدد المراحل، ويفيدنا ذلك فى سهولة التحكم فى درجة حرارة الهواء بين مراحل الإنضغاط وذلك باستخدام المبردات البينية بين كل مرحلة والتى تليها، ويحقق لنا ذلك أيضاً تقليل الجهد المبذول فى ضغط الهواء، مع ملافاة الكثير من المتاعب الميكانيكية التى قد تنجم من زيادة سخونة الهواء فى مراحل انضغاطه، وتقل مشاكل تزليق الكباس والإسطوانة، وصمامات السحب والتصريف، والتى تظل جميعها فى حالة أكثر نظافة، ويقل تلوثها بالزيت المكربن.

ويراعى أن الضاغط بثلاث مراحل يكون أكثر إقتصاداً فى الشغل المبذول من مثيله بمرحلة واحدة لنفس مدى الإنضغاط، ويتضح من الشكل ٧ ـ ٤ أن الوفر فى الشغل المبذول تمثله المساحة المظللة (المهشرة). (أ) ـ (ب) ـ (جـ) ـ (د) ـ (هـ) ـ (و)، ويكون ضغط التصريف بعد كل مرحلة هو ض١ ، ض٢ ، ض٣.

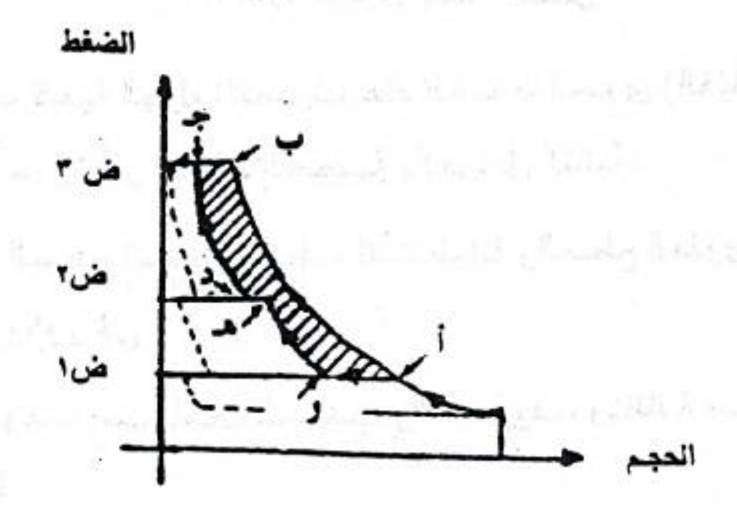
ويمر الهواء إلى الضاغط خلال مرشح، ومنه إلى مرحلة الضغط المنخفض، ثم يرتفع ضغطه ويتم تصريفه إلى مرحلة الضغط المتوسط

وأخيراً إلى مرحلة الضغط المرتفع، ويراعى وجود مبرد للهواء، وفاصل للرطوبة بعد كل مرحلة من مراحل انضغاط الهواء لتحسين الكفاءة، وتقليل متاعب التشغيل.

يراعى أن صمام القطع الرئيسى لتصريف الضاغط يكون قلاووظ يدوى غير رجاع (فى أغلب الأحيان).



شكل ٧ ـ ٣ : ضاغط بثلاث مراحل ومبردات بينية

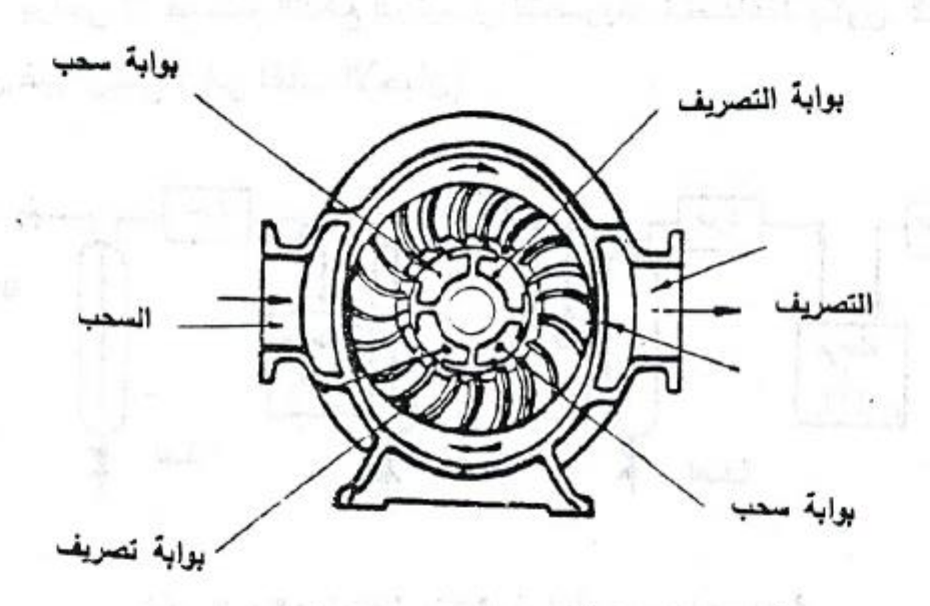


شكل ٧ ـ ٤ : دورة تشغيل ضاغط ترددى بثلاث مراحل

٧ ـ ٤ الكفاءة الحجمية :

هى النسبة بين كمية الهواء الذى تم تصريفه من الضاغط (عند الضغط، ودرجة الحرارة القياسية) وكمية الهواء التى يزيحها كباس الضاغط (لمرحلة الضغط المنخفض).

$$\text{أى أن الكفاءة الحجمية} = \frac{\text{كمية الهواء المنصرف من الضاغط « حرا »}}{\text{حجم إزاحة كباس مرحلة الضغط المنخفض}}$$



شكل ٧ ـ ٥ : ضاغط طارد مركزى بحلقة السائل

ويتم حساب كمية الهواء المنصرف عند الضغط الجوى (القياسى)، درجة الحرارة ١٥°م، وتتأثر الكفاءة الحجمية بالعوامل التالية:

١ ـ الخلوص بين السطح السفلى لغطاء الأسطوانة والسطح العلوى لتاج الكباس عندما يكون فى ن.م.ع.

٢ ـ سهولة فتح وغلق صمامات السحب والتصريف، ونظافة ممراتها، وسلامة رفعها.

٣ ـ التسرب من خلال حلقات (شنابر) الكباس (المكبس).

٤ ـ مداولة مياه التبريد ودرجة حرارتها.

٥ ـ درجة حرارة الهواء الداخل للمرحلة الأولى (ضغط منخفض).

٦ ـ نظافة مرشح الهواء وممرات الدخول للمرحلة الأولى.

٧ - ٥ عمل (أداء) الضاغط :

يتم شفط الهواء من خلال المرشح وصمام السحب للمرحلة الأولى بواسطة كباس المرحلة الأولى حيث يتم دفعه تحت ضغط من خلال صمام طرد المرحلة الأولى فى الشوط الصاعد للكباس حيث يورد إلى المبرد البينى، وفيه يتم تبريد الهواء المضغوط من المرحلة الأولى ثم يجرى سحبه خلال صمام سحب المرحلة الثانية بواسطة الشوط الهابط للكباس المرحله الثانية، وفى اسطوانة المرحلة الثانية يتم ضغط الهواء الى الضغط النهائى، حيث يدفع خلال صمام الطرد إلى المبرد النهائى، ثم الى اسطوانات تخزين الهواء المضغوط.

٧ - ٦ مكونات وأجزاء الضاغط متعدد المراحل :

تكون ضواغط الهواء للخدمة الشاقة عادة من الطراز متعدد المراحل باسطونات رأسية ومغلق الهيكل، وتعطى ضغوطا تصل إلى ٣٠ بار أو ٦٠ بار.

ويتم تبريد الهواء بين المراحل المختلفة بمبردات بينية أى بين كل مرحلة والتى تليها، وتستخدم المياه فى التبريد، وحتى تبريد الهواء بعد مرحلة الانضغاط النهائية، ويجرى تصنيع الهيكل من صبة واحدة يمكن تثبيت قميص الاسطوانات بها، لتستكمل الأجزاء الثابتة للضاغط كما يدور عمود المرفق على كراسى المعدن الأبيض المثبتة فى جسم الضاغط، والتى يمكن استبدالها اذا تآكلت .

وتركب المبردات بين المراحل المختلفة فى الفراغ الموجود بين جدران الاسطوانات وجدران هيكل الضاغط.

ويزود عمود المرفق باثقال موازنة لتحسين اتزان الضاغط عند التشغيل وتخفيض الإهتزازات .

وتدور محاور عمود المرفق التى تتصل بها اذرع التوصيل فى **محامل نحاس مبطنة بالمعدن الأبيض.**

ويتكون الكباس عادة من مرحلتين أو أكثر، ويكون الجزء الأعلى من الكباس للمرحلة الأولى والجزء الأسفل للمرحلة (أو المراحل) التالية، ويزود كباس كل مرحلة بعدد من حلقات (شنابر) الانضغاط بينما تزود المرحلة الأخيرة بحلقة (شنبر) كشط للزيت بالإضافة إلى حلقات الانضغاط، لتمنع دخول الزيت الى اسطوانة الضاغط.

وتزود كل مرحلة بصمامات سحب وطرد من نوع الصحن المحمل بالياى، وكذلك بصمام أمان.

ويتم تزليق (تزييت) كل الأجزاء المتحركة ذاتيا من حوض المرفق بواسطة مضخة تزليق ترسيه، كما يتم تزليق الكباسات والإسطوانات بالنثر (الطرطشة).

وتزود صمامات سحب المرحلة الأولى بوسيلة بدء، وهى تقوم بتعليق الصمام على وضع الفتح لسهولة بدء الضاغط دون تحميل على موتور التشغيل، كما يزود الضاغط بمرشح للهواء الداخل يعمل على فصل الأتربة والشوائب ويمنع دخولها إلى الاسطوانات، ويحافظ على نظافة حلقات الكباس ومجاريها.

٧ ـ ٧ مواصفات الضاغط الترددى متعدد المراحل (المركب) :

تتحدد مواصفات الضاغط المركب بالمعطيات التالية:

١ ـ الطراز : وهو أما أن تكون اسطواناته على خط واحد وأما أن تكون على شكل ٧.

٢ ـ معدل التصريف : أى كمية الهواء بالمتر المكعب فى الساعة

٣ ـ الضغط النهائى: وهو أقصى ضغط يمكن الكبس اليه (بار)

٤ ـ السرعة : وتحدد بعدد اللفات فى الدقيقة

٥ ـ عدد الاسطوانات : قد تكون اثنتين أو ثلاثة أو أكثر

٦ ـ عدد المراحل: ويكون أحادى أو ثنائى أو ثلاثى

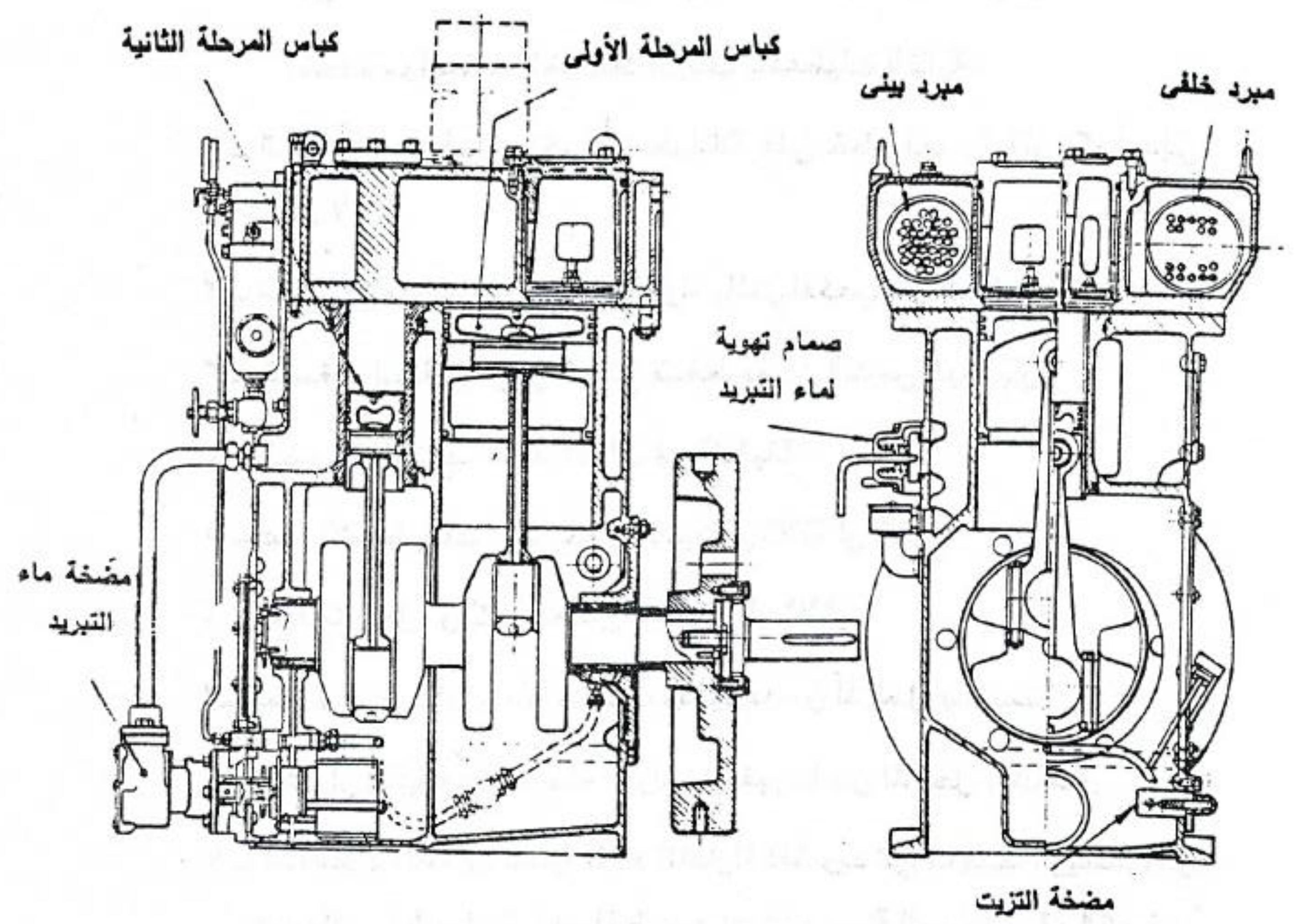
٧ـ قطر الكباس: للمرحلة الأولى، ولغيرها من المراحل بالمليمتر

٨ ـ مشوار الكباس: للمرحلة الأولى، ولغيرها من المراحل بالمليمتر

٩ ـ استهلاك الماء، أى كمية المياه المتداولة للتبريد فى الدقيقة، ويستحسن عند طلب قطع غيار لضاغط محدد ذكر سنة الصنع ورقم التصنيع للضاغط

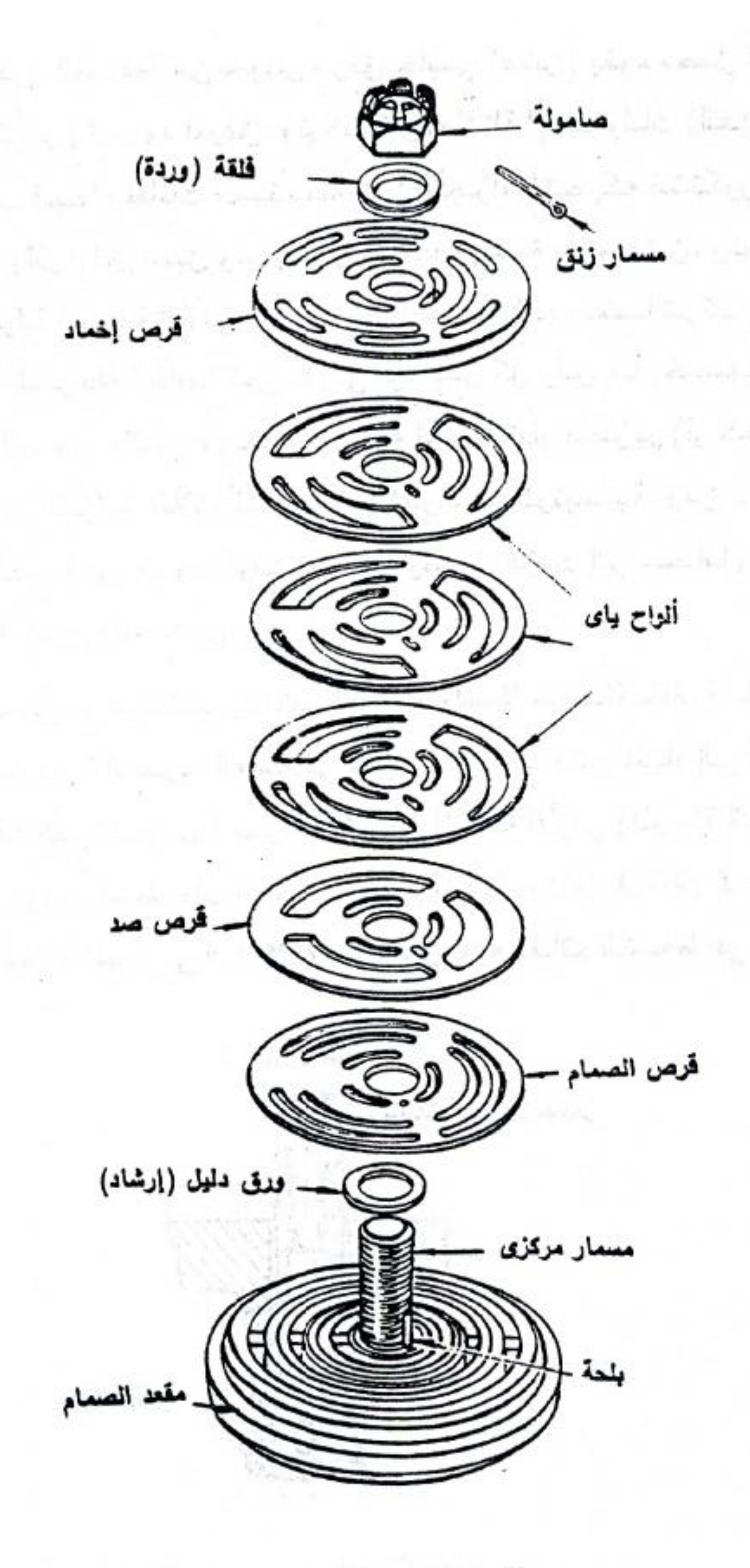
٧ ـ ٨ ضاغط الهواء بمرحلتين :

يستخدم الهواء المضغوط لأغراض متعددة، أهمها استخدامه فى بدء تشغيل محرك الديزل، وأبسطها استخدامه فى تنظيف أجزاء المكنات عند صيانتها، ويتم فى العادة توريد الهواء بضغط ٢٥ بار أو أزيد بواسطة ضاغط متعدد المراحل، ونجد فيه أن الهواء يتم انضغاطه فى المرحلة الأولى، ثم يجرى تبريده، ثم انضغاطه إلى ضغط أعلى فى المرحلة الثانية، وهكذا، ولعل أكثر الضواغط شيوعاً هو الضاغط بمرحليتن كما هو موضح فى الشكل ٧ ـ ٦.



شكل ٧ ـ٦ : ضاغط هواء بمرحلتين

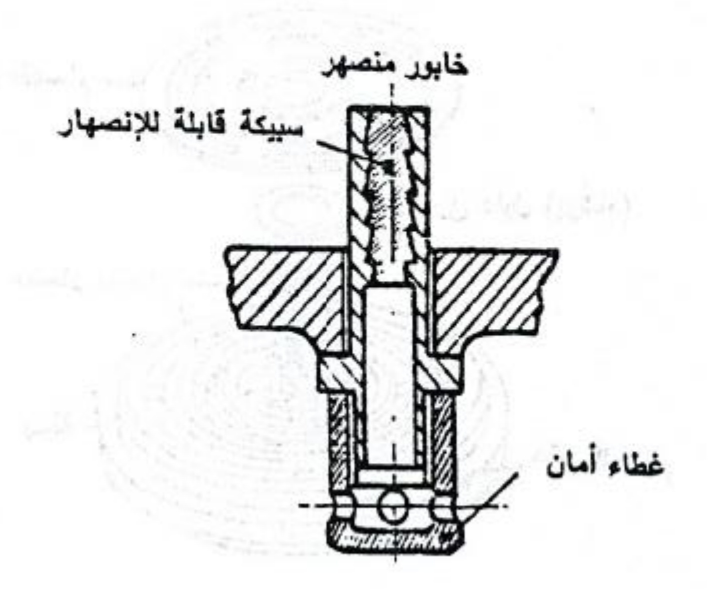
ويتم فيه سحب الهواء خلال مشوار السحب عن طريق صمام السحب للمرحلة الأولى خلال مرشح الهواء أو كاتم الصوت، ويتم غلق صمام السحب فى مشوار الإنضغاط وهو المشوار الصاعد للكباس وينضغط الهواء إلى أن يصل إلى ضغط الطرد للمرحلة الأولى، فيمر خلال صمام الطرد إلى مبرد المرحلة الأولى، وبعدها يتم سحب الهواء وضغطه فى المرحلة الثانية بنفس الطريقة، بحيث يصل إلى ضغط مرتفع جداً فى الأسطوانة الأصغر للمرحلة الثانية، وبعد مرور الهواء من صمام الطرد للمرحلة الثانية، يتم ثانية تبريد الهواء وتوريده إلى اسطوانات التخزين .



شكل ٧ ـ ٧ : صمام سحب الهواء طراز الأقراص

ويتكون الضاغط من حوض مرفق جاسئ (متين) يقوم بحمل ثلاث محامل (كراس) لعمود المرفق، وتركب فوقه كتلة الإسطوانات (الفارغة) حيث يركب فيها بطانات مستبدلة، أما الأجزاء المتحركة فتتكون من الكباسات، وأذرع التوصيل وعمود مرفق قطعة واحدة بتكويعتين، وتوضع رأس اسطوانة المرحلة الأولى على كتلة الإسطوانات، بينما تركب رأس الإسطوانة للمرحلة الثانية فوق الأولى، وتحمل كل رأس ما يخصها من صمامات السحب والطرد، وتقوم مضخة ترسية تدار بجنزير (أو كتينة) بتوريد زيت التزليق اللازم للمحامل (الكراسى) الرئيسية، ومن خلال ممرات مثقوبة فى عمود المرفق تقوم بتوصيل الزيت إلى محامل ذراع التوصيل الكبرى والصغرى.

ويتم توريد مياه التبريد للضاغط إما بواسطة مضخة خاصة ملحقة به، وإما من دورة التبريد العامة فى حجرة المكنات، وتمر المياه إلى كتلة الإسطوانات التى تلحق بها مبردات كل من المرحلة الأولى والمرحلة الثانية ومنها إلى رؤوس اسطوانات المرحلة الأولى والثانية، وتزود فراغات التبريد بصمام أمان كالمبين فى الشكل ٧ ـ ٨ وهو يمنع تفاقم الضغط فى دثار



شكل ٧ ـ٨ : صمام أمان فراغات التبريد

التبريد إذا انفجرت إحدى مواسير المبردات، وانطلق منها الهواء المضغوط. كذلك تزود مخارج الهواء من المرحلة الأولى ومن المرحلة الثانية بصمامات تهوية تفتح إذا زاد الضغط عن ١٥٪ من ضغط التشغيل، كما يركب خابرر منصهر بعد مبرد المرحلة الثانية ليعمل على تحديد درجة حرارة الهواء المورد، وبالتالى يقوم بحماية أوعية الهواء المضغوط ومواسير الهواء من تفاقم درجة الحرارة وما يتبعها (شكل ٧ ـ ٨).

وتركب جزرات تصفية على المبردات الملحقة بالضاغط، وعندما تكون مفتوحة يصبح الضاغط غير محمل ولا يصرف الهواء المضغوط، وينبغى دائماً عند بدء تشغيل الضاغط أن يكون فى حالة عدم التحميل، وذلك مما يقلل عزم اللى فى البدء للضاغط، كما يصرف أى مياه متراكمة فى الوحدة، ويراعى أن المياه (أو الرطوبة المتكثفة) تؤثر على التزليق وقد تسبب مستحلبا من الزيت والماء يستقر كيطانة داخل خطوط مواسير الهواء ، وربمات يؤدى إلى الحرائق أو الإنفجارات.

ويتم تدوير الضاغط حتى يصل إلى سرعة التشغيل المعتادة، ويتم التحقيق من وصول ضغط الزيت إلى قيمته المحددة الصحيحة، ثم نغلق جزرة تصفية المرحلة الأولى، وبعدها جزرة تصفية المرحلة الثانية، وعندئذ سوف يبدأ الضاغط فى عمله، ومن الضرورى ضبط جزرات مقاييس الضغط بحيث تعطينا قراءة ثابتة، وعندما تكون لدينا جزرات تصفية يدوية فيتحتم فتحها قليلاً لتصريف اى رطوبة قد تتجمع فى المبردات، ويتعين التحقق من سلامة دوران مياه التبريد، والتتميم على درجات الحرارة بعد انقضاء فترة من التشغيل على الحمل.

وينبغى عند إيقاف الضاغط أن يتم فتح جزرات التصفية لمبرد المرحلة الأولى ومبرد المرحلة الثانية، ويجرى تشغيل الضاغط بدون حمل لفترة دقيقتين أو ثلاثة، وسوف يسمح لنا بتصريف أى مياه متكثفة فى المبردات، وبعدئذ يمكننا إيقاف الضاغط مع ترك التصفية مفتوحة، فإذا كانت النية هى إيقاف الضاغط لمدة طويلة فلابد من قطع مياه التبريد عن الضاغط وتصفيتها.

٧ ـ ٩ تزليق الضاغط

ينبغى دائما استخدام الزيوت فائقة الجودة من المؤسسات العالمية وبحيث تكون خالية من الراتنجات أو الأحماض ومقاومة لتأثير الزمن.

وتقدم لنا المعطيات التالية دليلا مقبولا لمواصفات الزيوت المستخدمة للضواغط

اللزوجة عند ٥٠°م (١٢٢° ف) = ١٠ ـ ١٢ أنجلر

الكثافة النوعية = حوالى ٠,٩

نقطة الوميض للحق المفتوح = ٢٣٠° م (٤٤٦° ف) على الأقل.

نقطة التجمد = – ١٥°م (٥° ف)

محتوى الأحماض = صفر

محتوى الرماد = صفر

محتوى الأسفلت = صفر

وقد بينت الخبرة العملية أن استخدام الزيوت المناسبة للضواغط يتكفل بحل ٩٠ ٪ من مشاكلها، ويطيل من عمرها فى التشغيل كما يقلل من التآكل والتفرز فى الاسطوانات وحلقات الكباس إلى أدنى درجة، كما يعمل على تحسين أداء الصمامات (السحب والطرد)، ويزيد فى الأمان أثناء التشغيل.

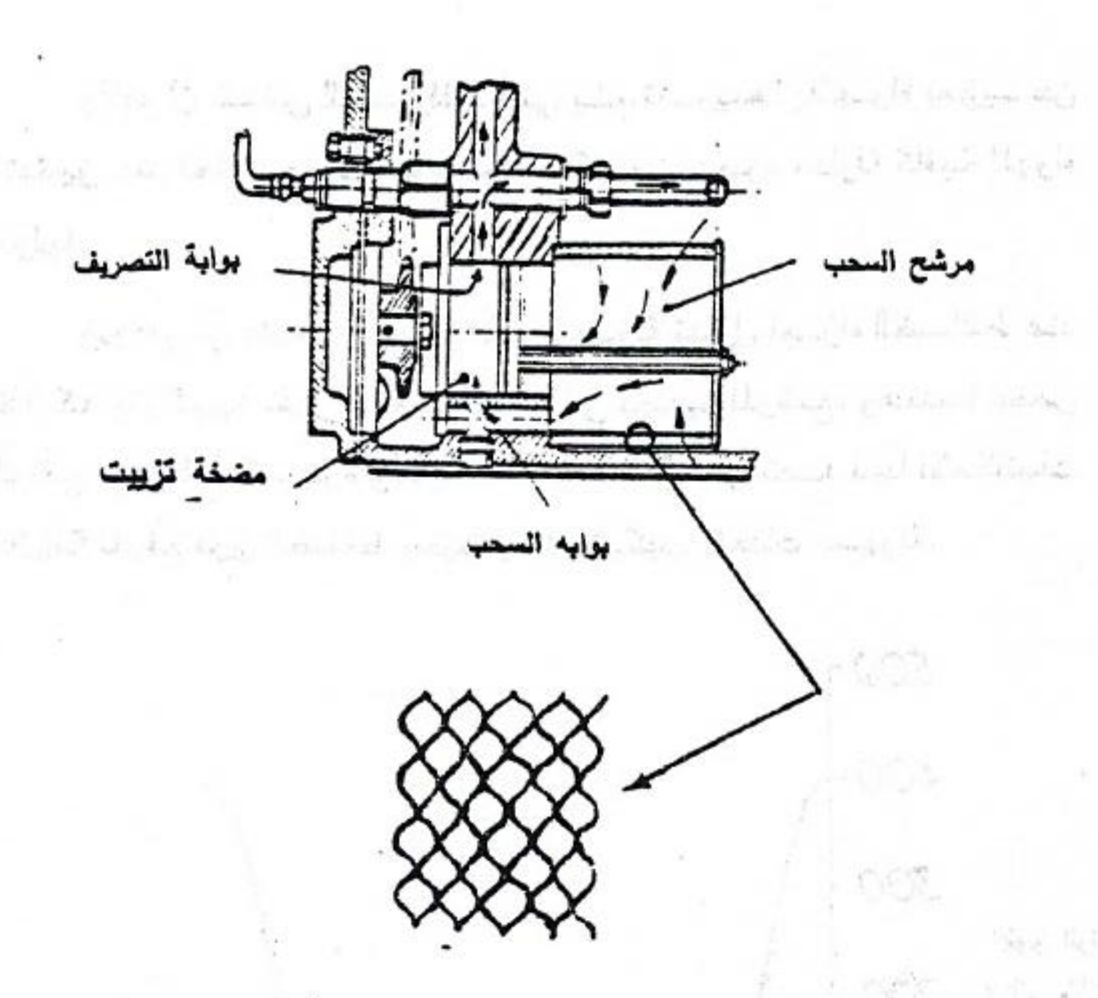
ويؤدى استخدام الزيوت غير المناسبة إلى المتاعب التالية :

١ ـ لصب (قفش) حلقات الكباسات (الشنابر)

٢ ـ تكربن (تفحم) صمامات الإنضغاط

٣ ـ تلف المحامل (الكراسى)

٤ ـ تآكل الاسطوانات والكباسات.



شكل ٧ ـ ٩ : مرشح الزيت، مضخة التزييت

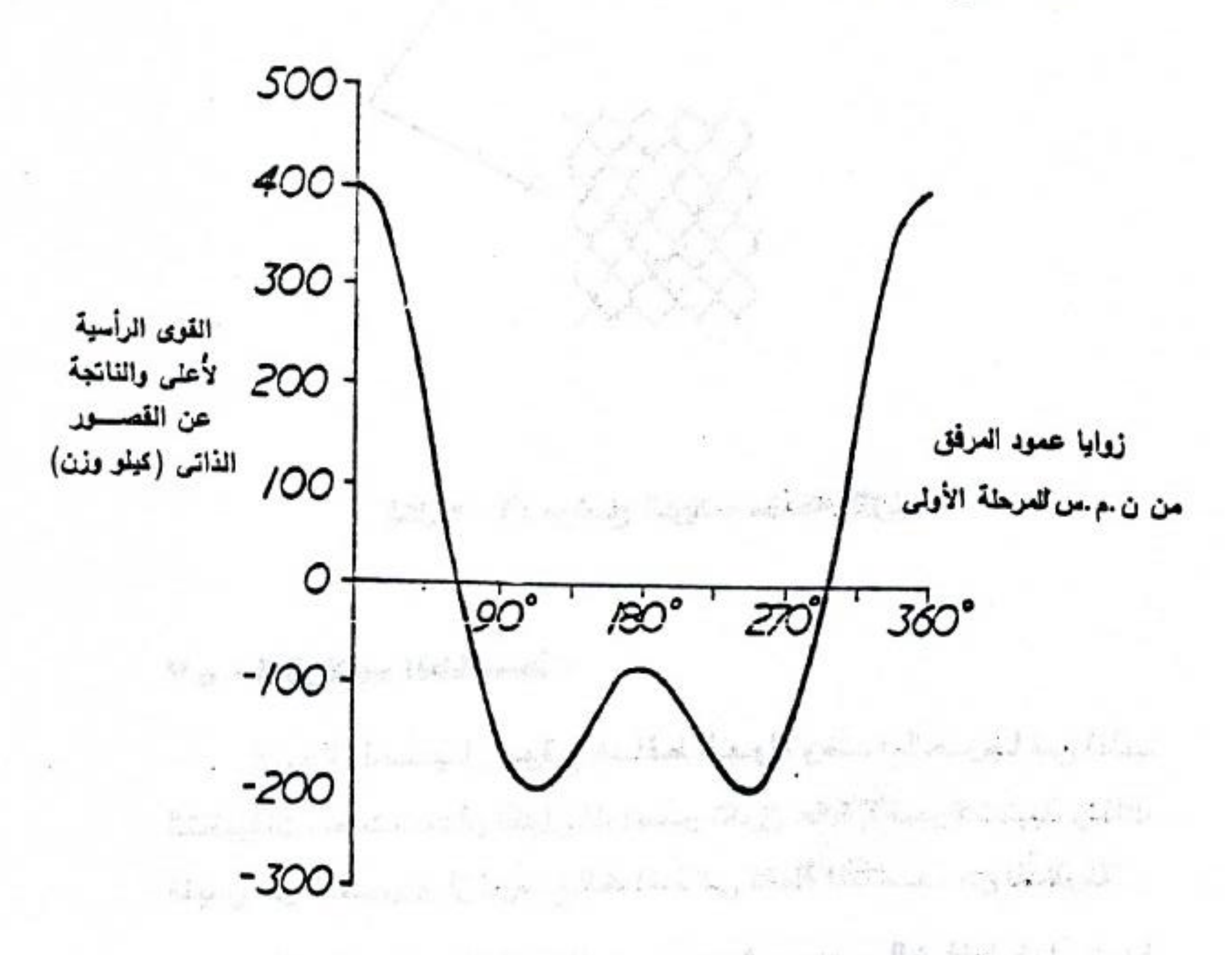
٧ ـ ١٠ تركيب الضاغط :

لا يمثل اختيار موقع ضاغط الهواء وضعا حرجا فى أغلب التطبيقات، حيث نجد أن أطوال المواسير تكون عادة قصيرة نسبيا، ولذلك فليس من الضرورى أن يوضع الضاغط فى نقطة المنتصف من المنظومة.

ولا بد أن يكون اختيار الموضع بحيث يسحب الضاغط هواءً جويا نقيا، وغير ملوث أو مختلط بالزيوت أو البخار أو الغازات المتسربة من آلات محيطة، كما أن سخونة الهواء الداخل إليه تؤثر تأثيرا سيئا على أدائه فتقلل من إنتاجه وتزيد من درجات الحرارة فى مختلف المراحل.

ولابد أن تحظى الضــواغط التى يتم تبــريدها بالـهـواء بمزيد من التدقيق عند اختيار موضعها بحيث نتأكد من وجود مداولة كافية للهواء حولها.

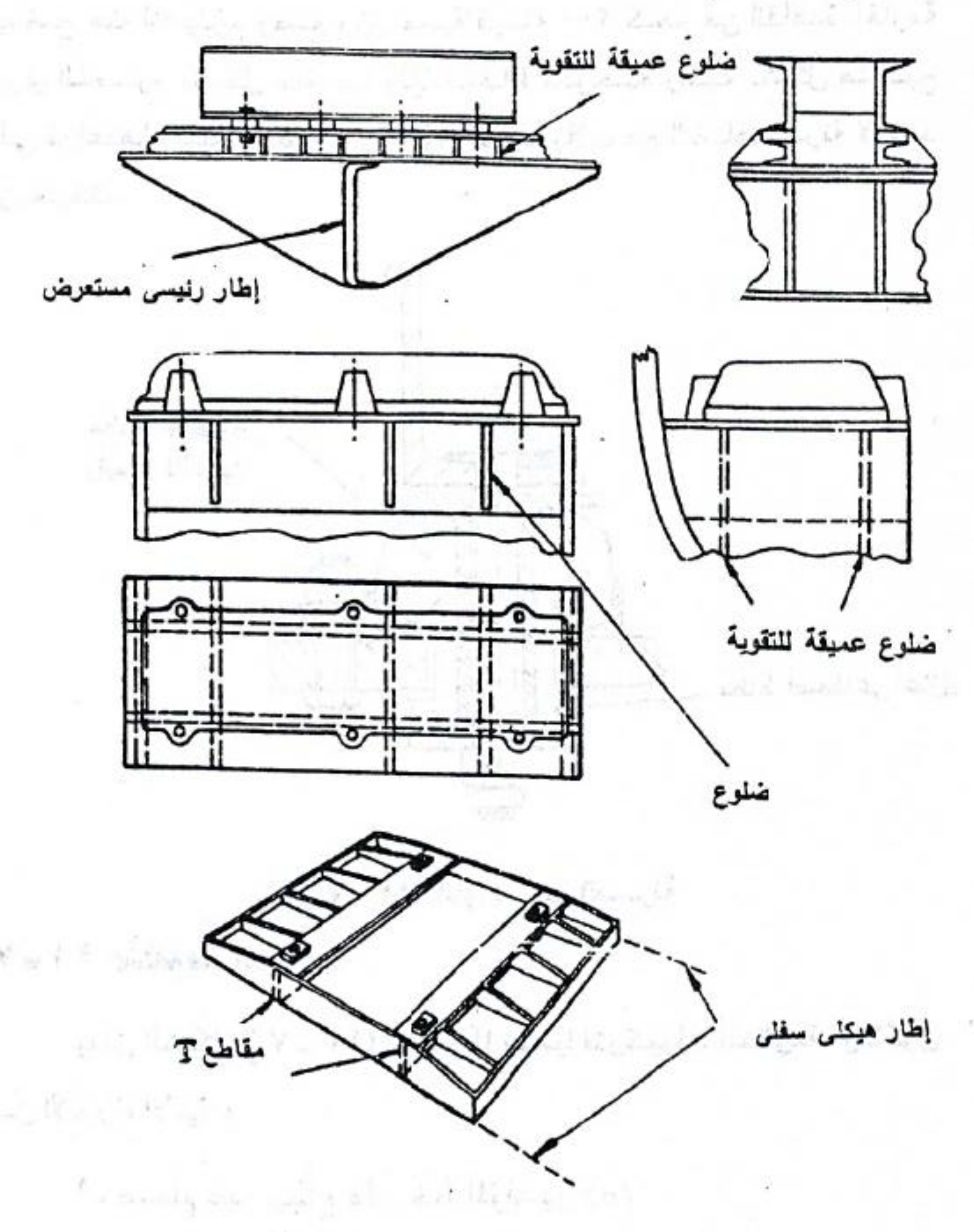
ويراعى أن عنصـر الصـيانة وسـهـولة تداول أجـزاء الضـاغط عند تفكيكه وتركيبه تمثل عنصـرا هاما فى تحديد الموضع، وعندما يخص الوضع ضواغط كبيرة وثقيلة الأجزاء، فلابد أن تحدد لها الامكانيات اللازمة للرفع فوق الضاغط بحيث يمكن تركيب المعدات بسهولة.



شكل ٧ ـ ١٠ : قوى القصور الذاتى فى ضاغط الهواء الترددى

أـ قواعد (مجالس) الضاغط :

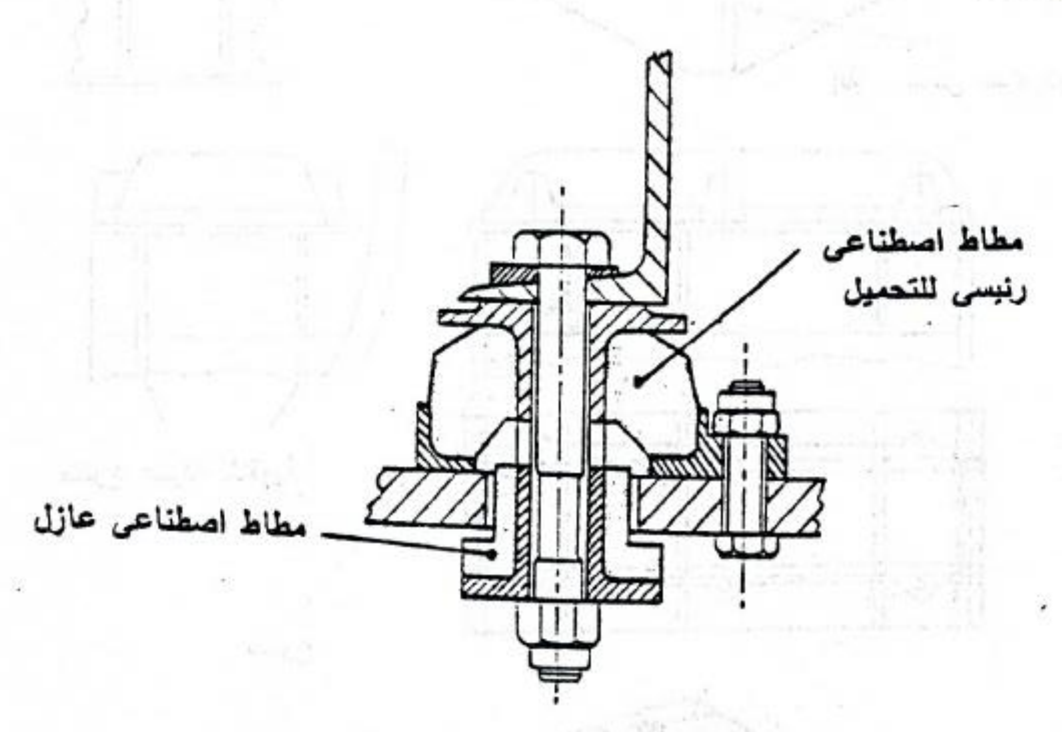
يتحتم تركيب كافة الضواغط على قواعد جاسئة مناسبة وذلك لتقليل الإهتزازات التى تعتبر عنصرا جوهريا فى عمر الضاغط الترددى، وبذلك لابد أن تكون الأساسات أكثر ثقلا لتتحمل القوى الخارجة عن الاتزان والتى تنشأ عن قوى القصور الذاتى للكتل الترددية، ولابد أن يتوزع حمل الضاغط على أكبر مساحة ممكنة من الأجزاء الانشائية للقواعد (للمجالس) ويبين الشكل (٧ ـ ١١) مثالا لذلك.



شكل ٧ ـ ١١ : قواعد لتركيب الضاغط

ب ـ القواعد المرنة :

يبين الشكل (٧ ـ ١٢) حيث نجد القواعد (المجالس) كلها مرنة تماما، ويراعى أن تركيب الضاغط على مثل تلك القواعد عملية صعبة، وتكون قاعدة تحميل الضاغط فى هذه الحالة مشكلة بحيث يمكن ملئها بصبة خرسانية لتقاوم قوى القصور الذاتى للضاغط الجديد، ويبين الشكل (٧ ـ ١٠) بعض قوى القصور النمطية لضاغط هواء بدء الحركة ويتضح منه أنه يلزم وضع وزن صبة قيمته ٢٠٠ كجم فى القاعدة لمقاومة قوى القصور بشكل مناسب وللإحتفاظ بالوحدة راكبة بشكل صحيح على قواعدها وينبغى عندئذ أن تكون التوصيلات مع الضاغط مرنة لا تحد من حركته.



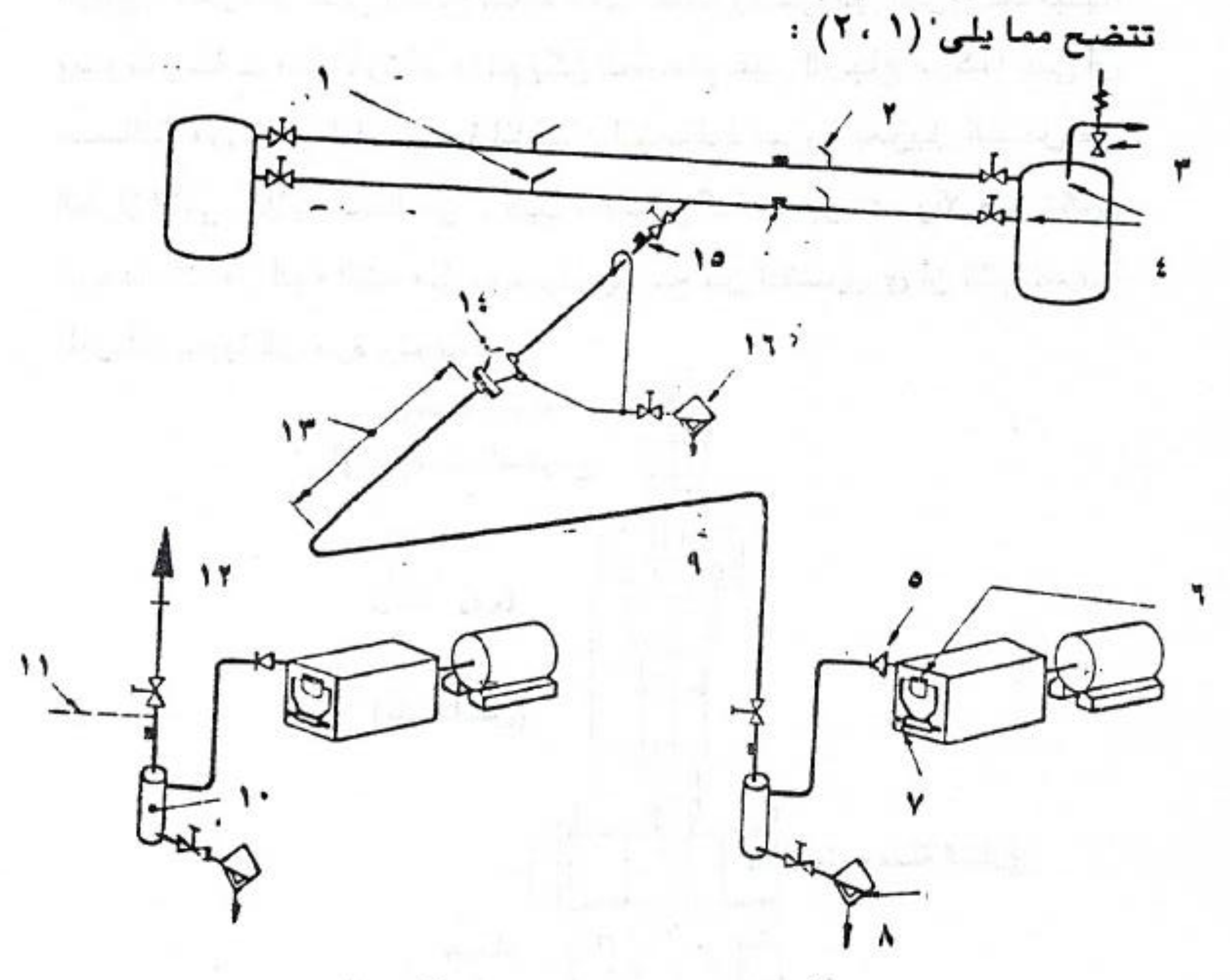
شكل ٧ ـ ١٢ : القواعد المرنة

٧ ـ ١١ منظومة الهواء :

يبين الشكل (٧ ـ ١٣) تخطيطا نمطيا لتركيبات المنظومة، وتتكون من الأجزاء الآتية :

أ ـ صمام غير رجاع على خط المواسير (٥)

ويوضع هذا الصمام مباشرة على خط طرد الضاغط للأسباب التى تتضح مما يلى (١ ، ٢) :



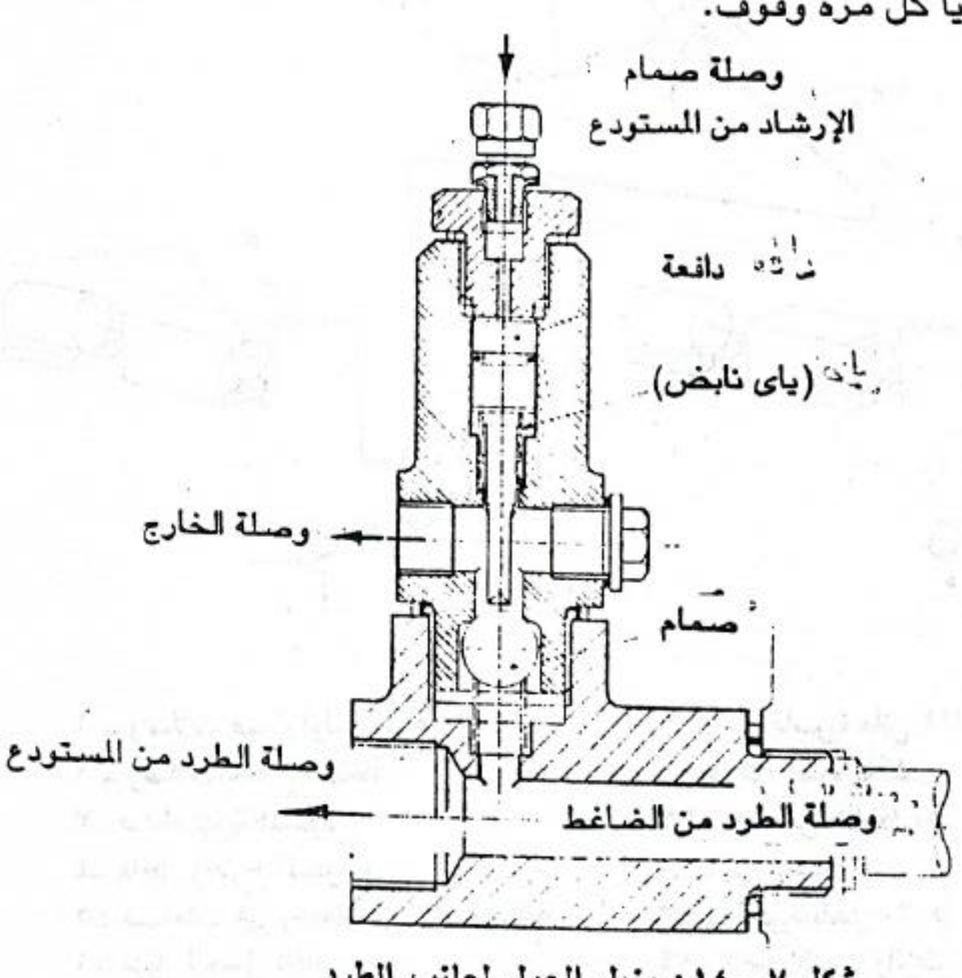
١ ـ وصلات صمام لولب مغناطيسى	٩ ـ خط ماسورة مائل ١٢/١ من الضاغط
٢ ـ وصلات مفتاح الضغط	١٠ـ وعاء للماء المكثف
٣ـ صمام تهوية المستودع	١١ـ خط من ضاغط آخر
٤ـ داخل وخارج المستودع	١٢ـ إلى المستودع
٥ـ صمامات غير رجاعة على طرد الضاغط	١٣ـ ماسورة بقطر ٢٠ مم
٦ـ مزيل للحمل تلقائى	١٤ـ فاصل الزيت والرطوبة
٧ـ تصفية تلقائية لكل مرحلة	١٥ ـ خوابير منصهرة
٨ ـ مصيدة تصفية تلقائية	١٦ـ مصيدة تصفية تلقائية

شكل ٧ ـ ١٣ : تركيبات منظومة الهواء

١ ـ مزيل الحمل لجانب طرد الضاغط الترددى (شكل ٧ ـ ١٤)

عندما تتم إزالة الحمل من على الضاغط فلن يوجد الهواء المضغوط إلا فى جسم الضاغط ومبرداته بالإضافة إلى جزء قصير جدا من فراغ خط المواسير وهو ما يزال (يطرد) إلى الجو، ولا يعتبر ذلك اقتصاد فحسب بل إنه يمنع الهواء الذى تم ضغطه فى خط المواسير من الارتداد وإدخال قطرات

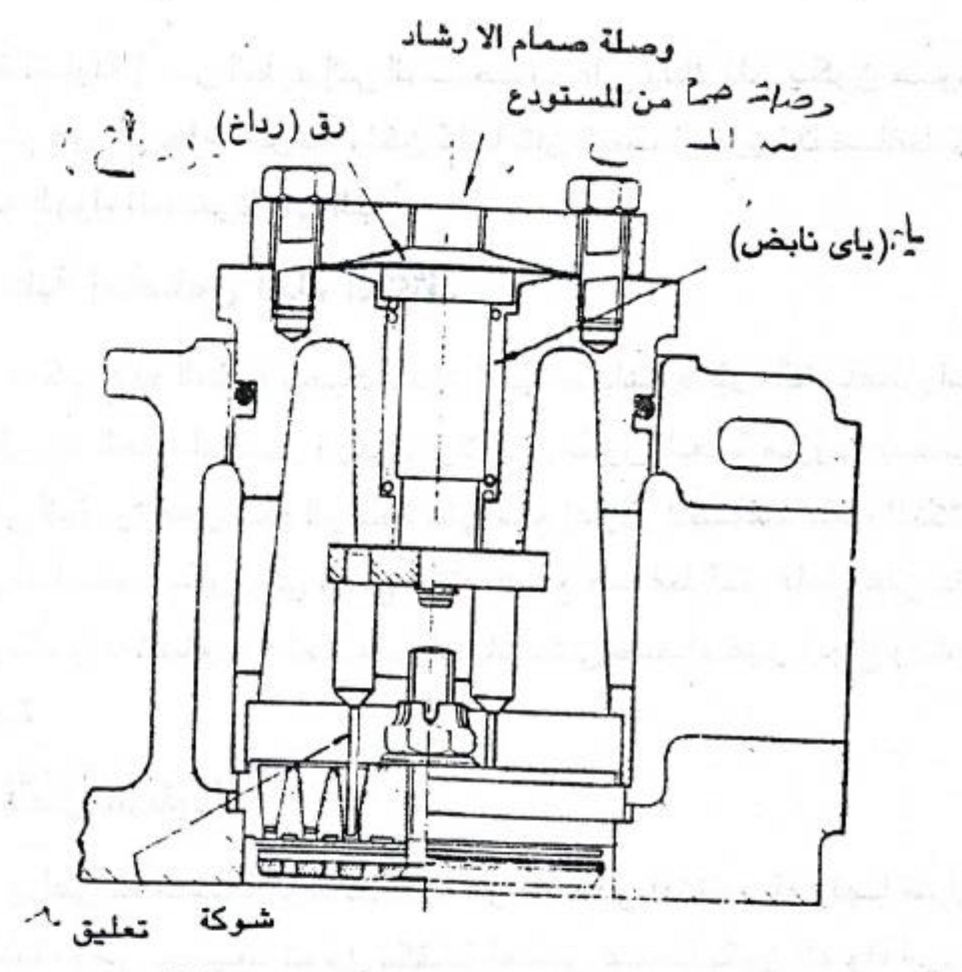
الرطوبة لتترسب على أسطح الصمامات أحيانا وتسئ إلى أحوال تشغيلها، وسوف يحدث هذا الارتداد ما لم يكن الصمام غير الرجاع مركبا على أى مسافة من خطوط الهواء، فإذا كان الضاغط مزودا بمزيل الحمل من الطراز الآلى، فلابد أيضا من تركيب مصافى آلية للمبردات، وإلا فلن تكون الوحدة بالفعل آلية التشغيل، وسوف يصبح من الضرورى أن تتم تصفية المبردات يدويا كل مرة وقوف.



شكل ٧ ـ ١٤ : مزيل الحمل لجانب الطرد

٢ـ خافض الضغط على صمام السحب للضاغط الترددى شكل (١٥.٧) :

وينبغى تركيبه على صمام السحب لكل مرحلة حتى يمكن إزالة الحمل من على الضاغط بشكل سديد، ونجد أن أذناب الصمام تدفع قرص الصمام ضد اليايات ليصبح فى موقف متوسط بحيث يدخل



شكل ٧ ـ ١٥ : مزيل الحمل لجانب الشفط

الهـواء ويخـرج من نفس المسلك، ولا يلـزم بالضـرورة صـمـام غيـر رجاع لخط المواسـير مـع هذا الطراز من إزالة الحـمل، إذ أن صـمـام الطرد النهائى للضـاغط يوفى هذا المطلب، ونستطيع باستخدام محبس قلاووظ غلق على خط المواسـير أن نقوم بأية أعـمال صيانة لازمة، وقد يكون استـخدام صمام غـير رجـاع على خط المواسـيـر مناسبـا إذ أنه يعـمل تحت ظروف عـمل أقل شـدة، ولا يحتاج نفس أعـباء الصيانة التى يستلزمهـا صـمام طرد الضاغط، وهو يجنبنا الارتداد العـفـوى للهـواء المضـغـوط إلى الضـاغط عنـد إجـراء الصيانة.

٣ ـ الضواغط الدوارة :

يعتـبر صمام خط المواسـير غير الرجـاع لازما، وإلا فسـوف يتسـرب الهـواء من خلال الحـوابك الداخلية عند وقـوف الضـاغط، وقد يـتسـبب فى أسوأ الاحتمـالات إلى إدارة الضـاغط (تدويره)، ويتم إزالة الحـمل عنه بمنهج

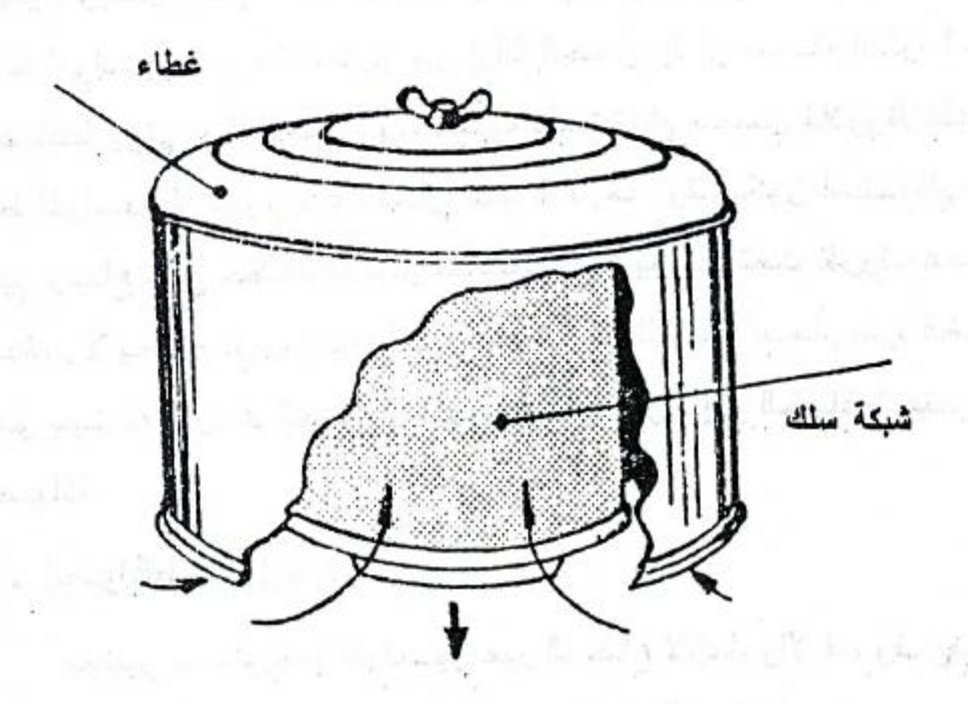
إعـادة المداولة (من الطرد إلـى السـحب) وعلى ذلك فلن يكون مـوضع الصمام غير الرجاع حرجا، ولكن كلما كان الصمام قريبا للضاغط كلما قل فقد الهواء المضغوط إلى الجو.

علبة إمتصاص الماء المتكثف

تركب هذه العلبة بحيث يساق إليها مباشرة طرد الضاغط رأسيا لأسفل بعد الصمام غير الرجاع، ولابد أن تكون العلبة مزودة بمصيدة تصافى آلية، وتعمل هذه الوحدة على منع إغراق الضاغط بالماء المتكثف، خصوصاً عندما يكون فى وضع استعداد مع ضاغط آخر عامل على نفس المنظومة، وقد تحتوى هذه العلبة أحيانا على صمام غير رجاع وفاصل للرطوبة.

فاصل الرطوبة :

يراعى حتمية تركيب هذه الوحدة فى المنظومة، ولها طرازات متعددة، وهى جميعا تعمل بكفاية أحسن عندما يكون الهواء أبرد ما يمكن.



شكل ٧ ـ ١٦ : مرشح الهواء

٧ ـ ١٢ تشغيل الضاغط :

ينبغى وضع يد صمام التشغيل فى موضع «البدء» قبل بداية دوران الضاغط، وبالتالى فهى تفتح صمام السحب للمرحلة الأولى فتتيح الدوران خاليا تماما من أى تحميل، ولا يبدأ الضاغط فى تصريف أى هواء، فيزيح التحميل عن محرك الإدارة حتى يتم تحريك يد بدء التشغيل إلى موضع الدوران «التشغيل».

ويجب قبل تشغيل الضاغط بعد وقوفه لفترة طويله أو اجراء أى إصلاحات له أن يجرى التتميم على حالة حوض المرفق الداخلية ونظافته، فإذا استدعى الأمر فمن اللازم تنظيفه بعناية، ويتم التنظيف بزيت شطف أو سائل التنظيف المخصص، ولا يجوز مطلقا استخدام البنزين فى نظافته، إذ يؤدى ذلك إلى مخاطر الانفجار، ولابد من تجفيف الفراغ الداخلى لحوض المرفق بعد غسيله بخروق نظيفة (وليس بخيوط الكهنة)، وبعدها يتم ملء حوض المرفق بالزيت المناسب إلى العلامة العليا على مسبار (سيخ) القياس، ويضبط إنسياب مياه التبريد، ولا يصح أن تتجاوز د. حرارة مياه التبريد ٦٠°م (١٤٠°ف)، اذ أن قشور رواسب الماء العسر تصبح كثيرة بشكل ملحوظ.

ويراعى أن يكون فرق د. الحرارة بين المياه الداخلة وخارج مياه التبريد فى حدود ٢٥ ـ ٣٠°م.

ويمكننا التحقق من التفويت فى صمام سحب المرحلة الأولى بخروج الهواء منه، أما إذا كان التفويت فى صمام طرد المرحلة الأولى، فسوف يتضح لنا ذلك من مقياس الضغط على طرد المرحلة الأولى.

ونتعرف على التفويت من صمام السحب للمرحلة الثانية من ارتفاع الضغط فى عداد قياس الضغط للمرحلة الأولى.

لا يمكن التحقق من حالة صمام الطرد لمرحلة الضغط المرتفع إلا عند وقوف الضاغط، وللقيام بذلك فعلينا إدارة المرفق حتى يصل الكباس

إلى النقطة الميتة السفلى، ثم نفتح صمام التصريف إلى زجاجة الهواء، فإذا كان التفويت كبيرا فسوف يندفع الكباس لأعلى بسبب دخول الهواء المضغوط من خلال صمام الطرد.

ويتم إيقاف الضاغط بفصل التيار الكهربى، ثم نغلق محبس زجاجة الهواء، ونوقف مياه التبريد، ويستحسن تصفية مياه التبريد كلية فى الجو البارد إذا كان المتوقع تجمد المياه.

وينبغى قبل بدء تشغيل الضاغط مراعاة ما يلى :-

١ - سريان مياه التبريد، مع استخدام جزرات التنفيث للتخلص من أى جيوب هوائية فى الدورة.

٢ - التحقق من منسوب الزيت فى حوض المرفق.

٣ - فتح مصافى الماء (والهواء) بعد المبردات للتأكد من دوران الضاغط بدون حمل، ويتم أيضاً فتحها ثانية عند إيقاف الضاغط، بحيث تغلق فقط بعد الدوران وأثناء التشغيل المعتاد، وتفتح دورياً للتخلص من المياه المتكثفة.

٤ - يستحسن محاولة تدوير الضاغط يدوياً قبل بدء تشغيله للتأكد من إزالة التحميل.

٧ - ١٣ صيانة الضاغط :

١ - تنظيف حيز التبريد والمبردات البينية وتغيير أصابع الزنك إذا لزم مع التأكد من سلامة دورة التبريد والمضخة.

٢ - تنظيف حيز التزييت، ومصفاة، ومضخة الزيت مع فحصها وقياس خلوصها وإجراء الصيانة اللازمة لها.

٣ - تنظيف مرشح الهواء.

٤ ـ يتم فك رؤوس الإسطوانات وأقراص الصمامات، ويجرى فحصها وصيانتها وتغيير ما يلزم.

٥ ـ يخلع الكباس، وذراع التوصيل، ومحور الكباس، والحلقات، وتتم نظافتها وصيانتها وتغيير ما يلزم.

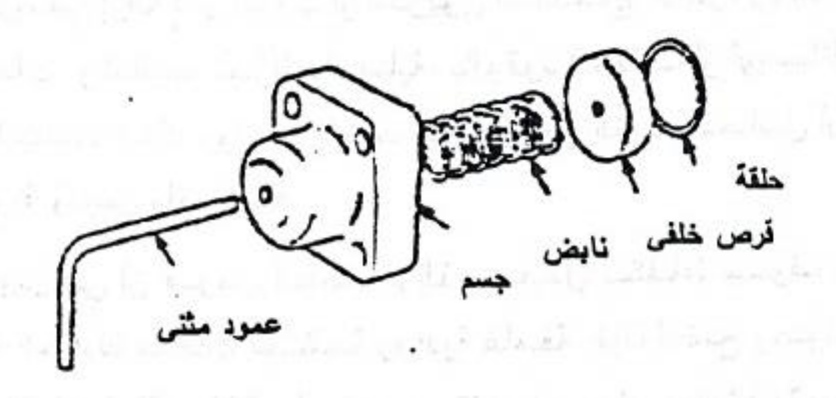
٦ ـ يتم تنظيف وفحص جلب الإسطوانات، وتغيير ما تآكل منها.

٧ ـ يقاس خلوص كراسى المرتكزات ومحاور أذرع التوصيل، وتختبر ثقوب وممرات التزييت فى عمود المرفق، وأذرع التوصيل، ويتم تسليكها.

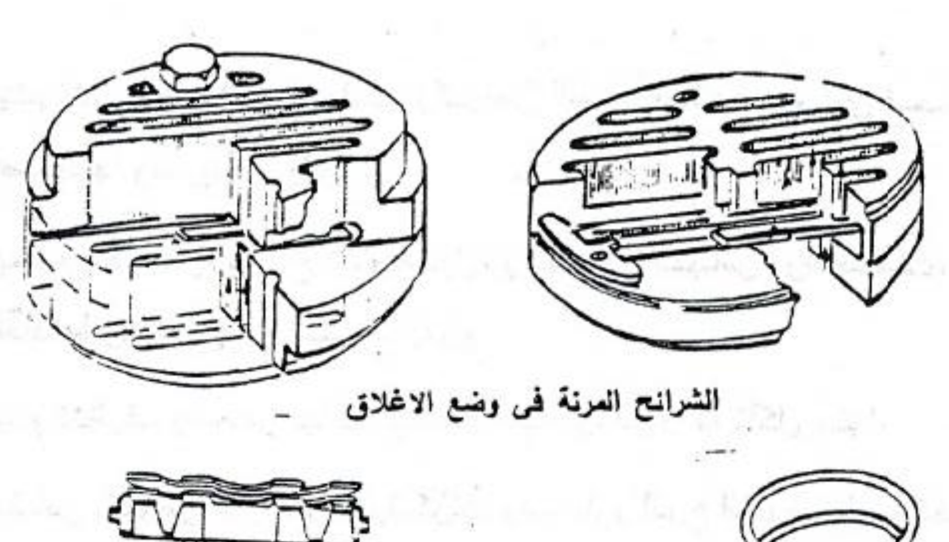
٨ ـ يراجع حجم حيز الخلوص ويتم قياسه بانضغاط أسلاك الرصاص.

٩ ـ يختبر تثبيت هيكل الضاغط على القاعدة (الفرش)، وتختبر استقامة توصيله بالمحرك الكهربى، ومتانة رباطه على القاعدة.

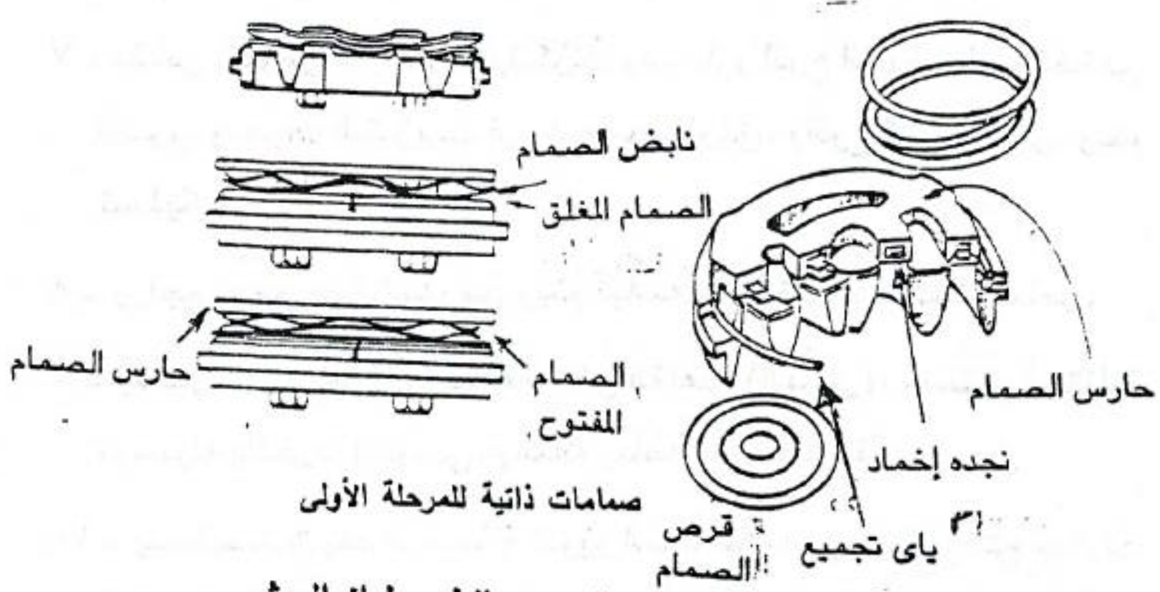
١٠ ـ يستحسن بعد الصيانة تدوير الضاغط بدون حمل (فتح جزرات التصفية) لمدة عشر دقائق ثم إيقافه وتحسس درجات حرارة المحامل والكراسى والمبردات.



شكل ٧ ـ ١٨ : صمام أمان لمياه التبريد



الشرائح المرنة فى وضع الاغلاق



صمامات ذاتية للمرحلة الأولى

شكل ٧ ـ ١٩ : صمامات السحب والطرد طراز الريش

ويجرى التتميم على حالة الصمامات بعد حوالى ٦٠ ـ ٨٠ ساعة تشغيل، مع إزالة آثار الزيت أو الكربون اذا احتاج الأمر، ولابد من تفكيك الصمامات، وتنظيف أجزائها بعناية، بالوقود الخفيف أو أى سائل تنظيف، فإذا ما كانت هناك رواسب متحجرة فيتم إزالتها بالمحاليل أو المنظفات الكيماوية وليس بالمراشمة.

ويراعى أن قرص الصمام الذى يعمل بكفاءة سوف يبدو على سطحه الحابك حلقات منتظمة رمادية غامقة، فإذا اتضح وجود أى تكسر فى الحلقات فذاك دلالة على وجود تفويت بها، وعندئذ يتم صنفرتها بعناية، نستخدم لصنفرة الصمام قرص صمام جديد نطليه بطبقة من معجون صنفرة ناعم ثم يوضع بحيث يتطابق سطحه تماما مع مقعد الصمام، ونقوم بتحريكه (القرص) أماماً وخلفاً مع تسليط ضغط بسيط عليه.

ولا يجوز إعادة استخدام أقراص صمامات تالفة أو يايات بها عيوب ولابد من استبدالها بأخرى جديدة، وعند إعادة تجميعها فلابد من العناية بوضعها فى الترتيب السليم دون استبدال جزء محل آخر.

ولابد عند تقفيل الصمامات من مراعاة تركيب حلقات الحشو السليمة، كذلك لابد من تنظيف صمامات الأمان بعد فترة دوران ١٠٠ ساعة مع مراعاة ألا تستبدل مع بعضها (أحدها للمرحلة الأولى، والثانى للمرحلة الثانية)، ولا يستلزم صمام الأمان أى ضبط عند تركيبه.

ومن الضرورى أن يجرى التتميم على حالة الكباس وحلقاته، وأن تتم نظافتها مرة كل عام على الأقل.

ويراعى خلع الإسطوانة وتركيبها بحرص زائد.

ويتم خلع الكباس من أعلى بعد فك مسامير رباط ذراع التوصيل وينبغى دائما التحقق من ربط مسامير أذرع التوصيل تماما، فإذا لم يتم ذلك فقد يتعرض الضاغط إلى خلل وانهيارات رئيسية، ويتم غسيل الكباس بوقود خفيف، ولا لزوم لكشط حلقات الكباس وإنما يكفى أن تركب فى مكانها بسهولة تامة، ويتحتم استبدال الحلقات المتآكلة مع الحذر فى ترتيب وضع الحلقات وتجميعها بصحة، خصوصا بالنسبة لحلقات كشط الزيت، وينبغى تجنيب فجوات الجلقات عن بعضها ١٨٠°. ويمكن خلع عمود المرفق بعد إزالة غطائه أولا.

يلزم اتخاذ الإحتياطات التالية للضاغط الذى لم يستخدم لفترة طويلة:

تجرى تصفية مياه التبريد.

تجرى تصفية زيت التزليق.

تجرى نظافة حوض الزيت.

تخلع كافة الصمامات وصمامات الأمان.

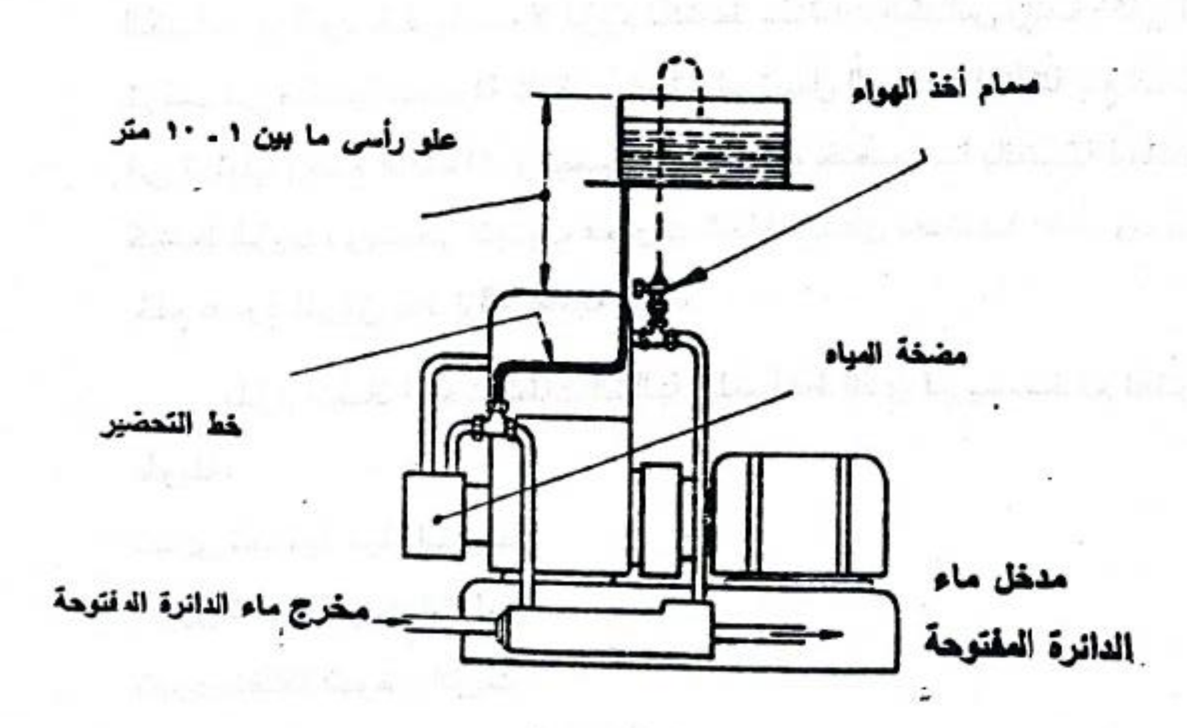
يعاد التجميع بعد تنظيف الأجزاء السابقة تماما وتزييتها بعناية .

وينبغي خلال شهور الشتاء (فى جو الصقيع) أن تتم تصفية مياه التبريد بعد تشغيل الضاغط، وتزال المياه من الفراغ الرئيسى بفتح جزرة التصفية فى أسفل نقطة من حيز التبريد.

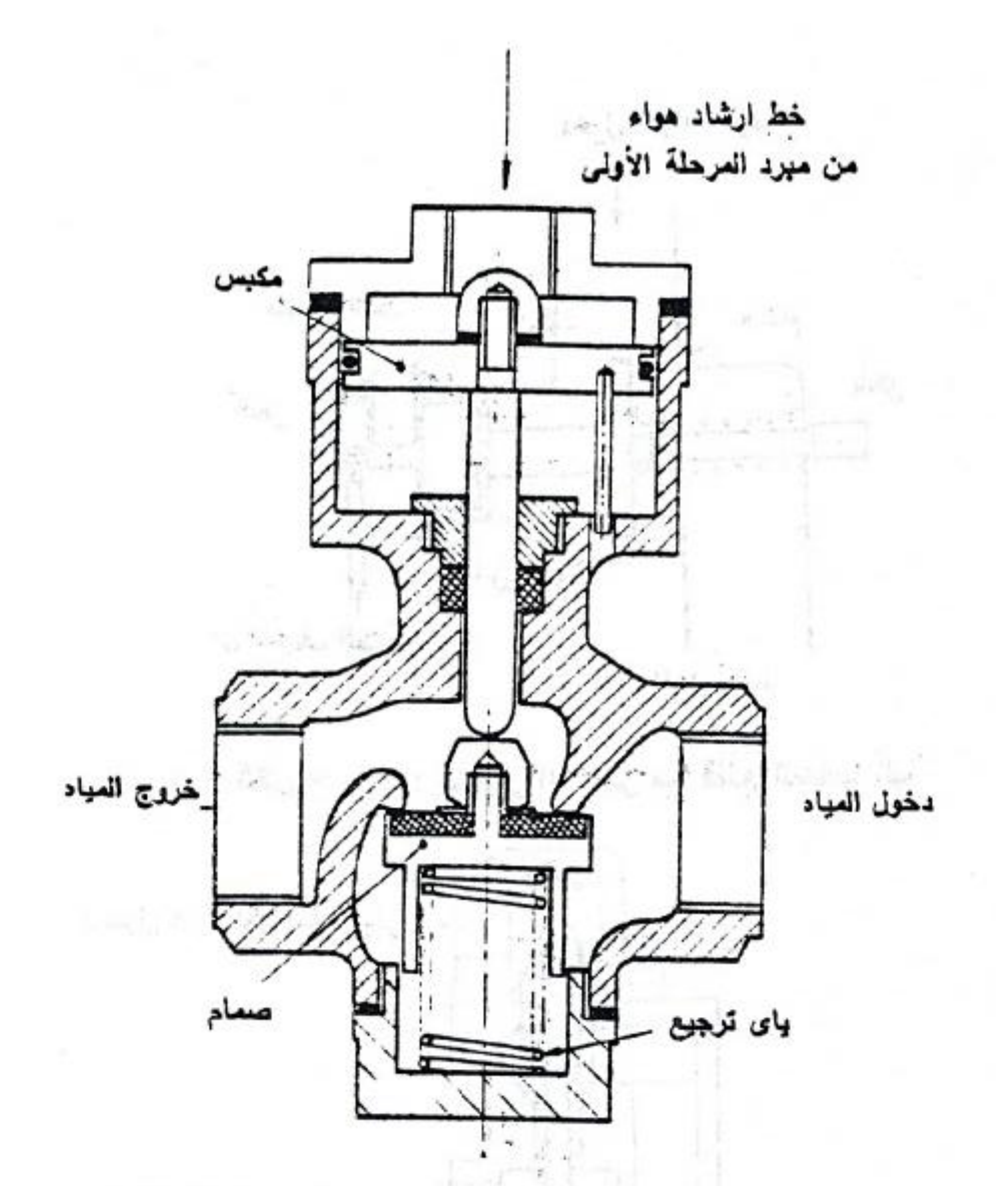
ويراعى أيضا استخدام الزيوت المناسبة للشتاء (٤٠ جمعية مهندسى السيارات).

فراغات مياه التبريد

لا يجوز أن يزيد ضغط المياه فى فراغات التبريد عن ٢ بار (عداد)، فإذا زاد الضغط عن ذلك بشكل زائد لظروف خاصة، (بسبب انسداد خطوط صرف مياه التبريد مثلا أو غلق محبس على خط التصريف)، فسوف ينفجر قرص الأنفجار عند ضغط حوالى ٥,٥ بار (عداد) وينبغى عندئذ استبداله بقرص غيار أصلى، ولا يجوز مطلقا أن تستبدل بقرص أقوى مما كان موجودا، وإلا فسوف يؤدى ذلك إلى نشوء ضغط متفاقم فى حيز التبريد ويتسبب فى انفجار هيكل الضاغط ذاته.



شكل ٧ ـ ٢٠ : دورة تبريد مغلقة بماء عذب وتبريد بماء بحر



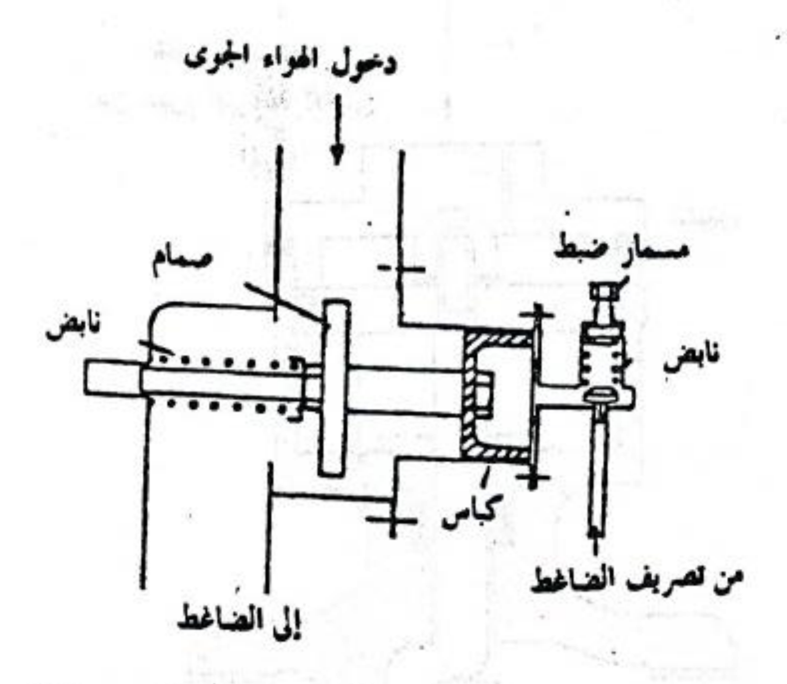
شكل ٧ ـ ٢١ : صمام غلق مياه التبريد يعمل بضغط الهواء

٧ ـ ١٤ التشغيل الآلى (الأتوماتى) :

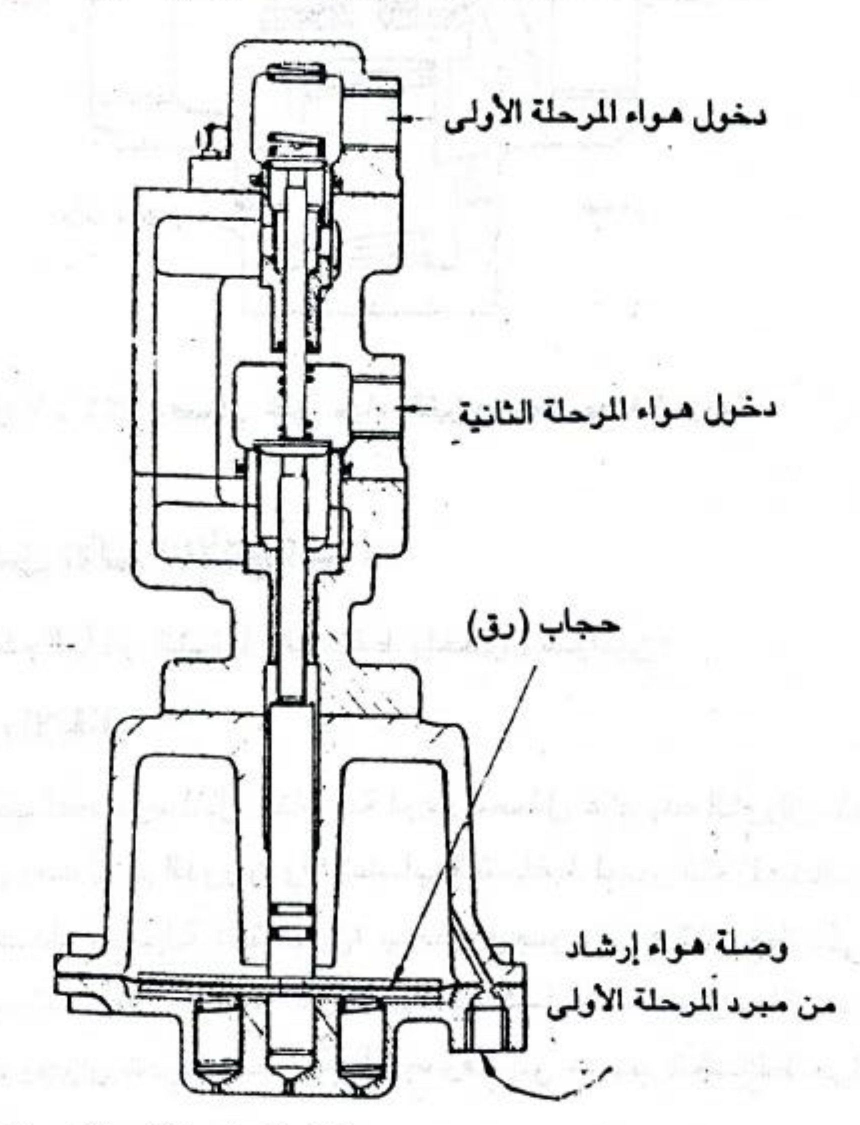
يتم التحكم آلياً فى تشغيل الضاغط بإحدى وسيلتين:

(أ) التدوير والإيقاف :

ويزود الضاغط بوسائل مناسبة لرفع الحمل عند بدء الدوران، ثم إعادة التحميل بعد تمام الدوران واكتساب الضاغط لسرعته المعتادة، ويشيع استخدام وسيلة «التعليق» بمعنى وجود ذراع تضغط على صمامات السحب فتدعها مفتوحة عن قواعدها، كما تستخدم وسيلة ممر التحويل بحيث يجرى تحويل الضغط المنصرف إلى سحب الضاغط مرة



شكل ٧ ـ ٢٢ : التدوير المستمر مع قطع السحب آليا



شكل ٧ ـ ٢٣ : رافعة الحمل (قطع التصريف)

ثانية، وتزود أيضاً بجزرات تصفية آلية للتخلص من قطرات بخار المياه المتكثفة (الرطوبة) عند المبردات البينية، ويزود الطرد النهائى للضاغط بصمام غير رجاع.

وتتناسب هذه الوسيلة مع الضواغط الصغيرة، وزيادة حجم مستودع الهواء المضغوط نسبياً ويراعى أن التيار المستخدم فى بدء التدوير يبلغ حوالى ضعف تيار التشغيل المعتاد.

(ب) التدوير المستمر مع قطع السحب آلياً:

وفى هذه الطريقة، يدور الضاغط بسرعة ثابتة وباستمرار، وعند بلوغ الضغط قيمته المحددة، يتم رفع الحمل عن الضاغط، إما بتعليق صمام السحب مفتوحاً وإما بغلق صمام السحب تماماً، فينقطع توريد الهواء المضغوط.

٧ ـ ١٥ الخلل والعلاج :

الخلل	الأسباب والعلاج
١ ـ ضعف التصريف (زيادة مدة الضخ)	انسداد مرشح الهواء، يخلع وينظف
٢ ـ ضعف التصريف (كمية زيت كبيرة جدا فى خطوط التصريف)	حلقات الكباس غير حابكة تماما ويتعين استبدالها .
٣ ـ ضعف التصريف (ضوضاء فى التشغيل)	تحقق من كفاءة الحشو للصمامات (الحشيات) ولابد أن تتقاعد أقراص الصمامات وينبغى نظافتها.
٤ ـ صوت دق (تخبيط)	تاكل محامل عمود المرفق، وتستبدل اذا زاد الخلوص القطرى (٠,٠٦ ـ

٠,٠٨مم) ولابد أن يدور عمود المرفق حرا على محاوره

٥ ـ مياه فى حوض الزيت

تحقق من عدم وجود تسريب مياه تبريد، بعد رفع ضغط المياه إلى حوالى ٤ بار، وعادة ما تكون المياه لا بسبب التسريب وإنما بسبب تكثف الرطوبة من الهواء المضغوط، ويعدل الوضع بخنق خارج مياه التبريد لتصل د. حرارتها إلى ٥٠ ـ ٦٠°م.

الباب الثامن

شبكات المواسير والأجهزة المساعدة

نستعرض فى هذا الباب باقى المستلزمات لتشغيل المضخة وتركيب شبكة الضخ، بما فى ذلك خطوط المواسير ومختلف أنواع المحابس والصمامات والمصافى والمرشحات وأجهزة قياس الضغط والمنسوب وكمية التصريف.

٨ ـ ١ عـــام :

تستخدم خطوط المواسير وملحقاتها فى الكثير من الأغراض العملية، فهى تقوم بنقل مختلف السوائل المتداولة فى محطات الضخ، والتحكم فى سريانها من موضع إلى موضع أخر، وتقوم بإمداد السوائل إلى المضخات فى خطوط السحب، وتصريفها إلى الخزانات أو البحر فى خطوط الطرد، وتستخدم فى محركات الديزل مثلا لإمداد الوقود من الصهاريج إلى المحرك، وفى خطوط التبريد والتزييت وهواء بدء الحركة، كما تمتد خطوط المواسير، لتوصيل الهواء أو البخار أو غازات مكافحة الحريق إلى مختلف المواضع فى محطات القوى، وفى المؤسسات الصناعية بوجه عام، وقد تكون تلك السوائل مصدئة (مسببة للصدأ)، أو أكالة أو قابلة للاشتعال أوغيرها من الخواص التى تسبب خطورة تداولها وصعوبته، وتقوم خطوط المواسير فى المنشآت الصناعية بوظيفة عروق الدم فى الجسم البشرى لذلك كانت لها أهميتها الكبرى فى التطبيقات العملية.

ويقصد بكلمة الملحقات أو التركيبات كافة المحابس والصمامات والجزرات وأفرع التوصيل بين الخطوط، والوصلات المسلوبة (زوادة أو نقاصة)، والمصافى والمرشحات، وصناديق المحابس والفصل، ووصلات التمدد.. الخ، كذلك تعتبر مقاييس الضغط وكمية التصريف، والمنسوب من بين التركيبات الأساسية فى محطات الضخ.

ويؤدى تركيب مكونات أجزاء دورات الضخ وشبكات المواسير بطريقة سليمة إلى الحصول على التشغيل الفعال والخالى من العيوب، لذلك يجب أن يعرف القائمون بالتشغيل وظيفة الأجزاء المختلفة وطرق صيانتها والكشف عليها وتأثير مختلف التركيبات والصمامات على عمل الدورة، كما يتحتم اتخاذ الدقة فى إتمام مختلف التوصيلات، وقد نجد فى

كثير من الحالات أن تجاهل الاعتبارات السابقة يؤدى إلى الإساءة البالغة لتشغيل المضخات أو إتلاف شبكات المواسير كلية.

٨ - ٢ تصنيف المواسير :

يمكن تصنيف المواسير المستخدمة فى محطات الضخ تبعا لطريقة تصنيفها أو المواد المصنوعة منها أو التطبيقات المستخدمة فيها :

أ - التصنيف تبعاً لطريقة التصنيع :

١- مواسير بدون دسرة، وهى المصنعة بسحب المعدن على البارد (أو الساخن) أو بطريقة البثق بواسطة درافيل الإنتاج، وهى شائعة الاستخدام للألمونيوم والنحاس وسبائكها.

٢- مواسير ملحومة دورانية، وتكون مصنعة من شرائط ألواح معدنية ملحومة على الدائر، وهى شائعة للفولاذ وسبائكه.

٣- مواسير ملحومة بالمقاومة الكهربية، وتكون مصنعة من ألواح فولاذ ملفوفة دائريا، ثم تلحم دسراتها الطولية بالمقاومة الكهربية.

٤- مواسير ملحومة بالقوس الكهربى، وتكون مصنعة من ألواح فولاذ مدلفنة على هيئة ماسورة ثم تشطف حوافها، ويسلط عليها اللحام الأوتوماتى بالقوس الكهربى.

ب - التصنيف تبعاً لتطبيقات الاستخدام :

يوضح الجدول التالى مختلف تصنيفات المواسير تبعا للتطبيقات المستخدمة فى محطات الديزل أو محطات البخار.

ج - التصنيف تبعاً للمواد المستخدمة :

١- مواسير فولاذ، وهى الأكثر شيوعا.

٢- مواسير حديد الزهر، وتستخدم فى تطبيقات محددة.

تطبيقات الاستخدام	محطة قوى ديزل	محطة قوى بخارية
بخـــار	بخار عادم بخار تصافى بخارية	بخار رئيسى عادم مساعد تصافى بخارية
ميـــاه	مياه تغذية مياه عذبة مياه عذبة للتبريد مياه بحر للتبريد مياه بحر أو صابورة أو جمة	مياه مكثف مياه تغذية مياه عذبة مياه بحر أو صابورة أو جمة
زيـــوت	زيوت وقود زيوت تزليق	زيوت وقود زيوت تزليق
هواء وغازات عادم	هواء وغازات عادم	هواء
متنـوعـــات		أجهزة تقطير مياه

٣ـ مواسير النحاس، وتتميز بمرونتها الفائقة ومقاومتها للتصدأ، وتستخدم أساساً فى المواسير بأقطار صغيرة.

٤ـ مواسير النحاس الأصفر، وتستخدم للمبادلات الحرارية.

٥ـ مواسير اللدائن (البلاستيك)، وتستخدم فى تطبيقات محددة بحيث لا يقع عليها أحمال كبيرة.

ويراعى أن مواسير الحديد الزهر فقيرة الخواص بالنسبة لمقاومة التصدأ الناتج عن مياه البحر، خصوصا عند وجود البرونز فى المنظومة، كما أنها ضعيفة فى أحمال الشد وأحمال الصدم، لذلك يحدد استخدامها فى دورات الضغط المنخفض للبخار أو الهواء أو الزيوت أو تركيبات المياه منخفضة السرعة، وتتسبب طبيعتها القصيفة فى استبعاد استخدامها مع

التركيبات المتصلة بالغلاف الجانبى للسفينة.

ويتحسن أداء الحديد الزهر باضافات بعض المعادن مثل النيكل والمعالجة الحرارية الدورية، والتى تتحول بها حبيبات الجرافيت الحر إلى هيئة كروية، وقد يمكن استخدامه عندئذ لأعمال الضغط المرتفع وللبخار التى تقل د. حرارته عن ٤٦٠ ْم كذلك يمكن استخدامها لتركيبات ماء البحر إذا تم تبطينها بالمطاط أو اللدائن.

وتستخدم مواسير الفولاذ الطرى المصنعة باللحام والمبطنة بنفس المواد فى التركيبات الأكبر من هذا الطراز، كما يستخدم الحديد فى التطبيقات التى تتطلب مقاومته الذاتية للتصدأ.

ويشيع فى الوقت الحاضر استخدام سبائك النحاس أو الفولاذ الطرى الملحوم بالمقاومة الكهربية أو المجلفن بالدرفلة على الساخن والغمس الحار.

وتستخدم مواسير الفولاذ الطرى بدون دسرات (لحام) للبخار، كذلك قد يستخدم النحاس الأحمر للضغوط ودرجات الحرارة المعتدلة، بينما يستخدم الفولاذ على خطوط الهواء مرتفع الضغط، وخطوط تصريف التغذية إلى الغلايات، وكافة مواسير زيوت الوقود الواقعة تحت ضغط، ويراعى أن متانة الفولاذ تقل بعد حوالى د. حرارة ٤٥٠ ْم، وعندئذ يستخدم الفولاذ المضاف إليه الكروم أو الموليبدنيوم، وقد يستخدم النحاس الأحمر لمواسير زيوت التزليق وليس الوقود، بحيث تكون خالية من الدسرات، وغيرها من خطوط مياه الخدمة أو المياه العذبة أو مياه البحر، ولكنها لا تتناسب فى حالة السرعات المرتفعة للسوائل أو المحصور بها هواء أو مياه الأنهار الملوثة، بحيث يشيع فى الوقت الحاضر استخدام السبائك النحاسية فى مواسير ملفات تسخين الصهاريج للزيوت والمياه، وتستخدم الشفائر (الفلنجات) لتوصيل مواسير الفولاذ وتثبيتها فى

المواسير إما بلحام الصهر وإما بالقلاووظ، بينما تثبت الشفائر فى مواسير النحاس وسبائكه باللحام.

ويستخدم الحديد الزهر ومعدن المدافع بكثرة فى ملحقات المواسير صغيرة الحجم، وعند الضغوط المعتدلة، بينما يستخدم الفولاذ الطرى فى الملحقات الكبيرة بضغوط مرتفعة ود. حرارة عالية (مثل خطوط الزيوت الوقود الواقعة تحت ضغط) من فولاذ مشغول وملحوم بالانصهار، وعادة ما يحتوى الفولاذ عندئذ على (٠,٥) ٪ موليبدنيوم إذا تجاوزت د. الحرارة ٤٦٠° م (راجع الجدول المرفق).

يجرى فى العادة اختبار ضغط للمواسير والملحقات بحيث يكون ضعف ضغط التشغيل أو ٢,٥ ضغط التشغيل فى حالة مياه تغذية الغلاية أو ٢,٣ ضغط التشغيل لسبائك الفولاذ إذا تجاوزت د. الحرارة ٤٦٠° م.

٨ ـ ٣ وصلات التمدد للمواسير :

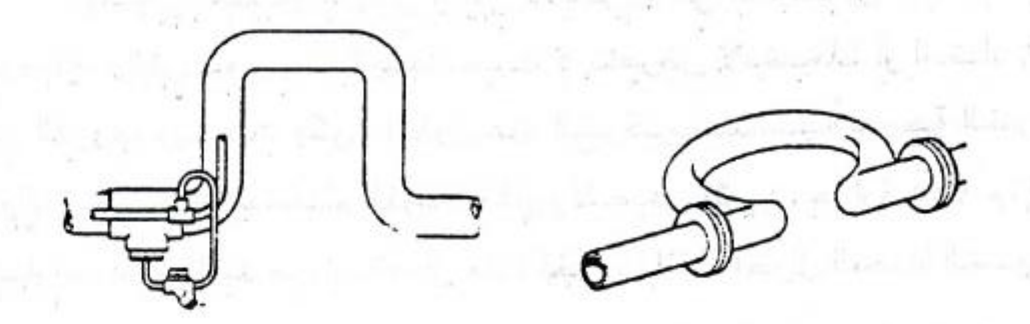
تتعرض المواسير لمقدار كبير من التمدد والإنكماش فى أطوالها تبعاً لدرجة حرارة الوسط المار بداخلها، خصوصا عندما تكون أطوالها كبيرة أو معرضة لدرجات حرارة شديدة الارتفاع أو الإنخفاض، وقد يبلغ تمددها أو انكماشها عدة ملليمترات فى أحوال التشغيل عن طولها فى الحالة المعتادة.

وعند تركيب حوامل للمواسير، فلابد أن تكون قوتها مناسبة لتحمل وزن الماسورة بالكامل، كما ينبغى ألا تمثل الحوامل أى عائق لتمدد الماسورة أو انكماشها، وبحيث لا تتعارض مع أعمال الصيانة اللازمة أو الإصلاح.

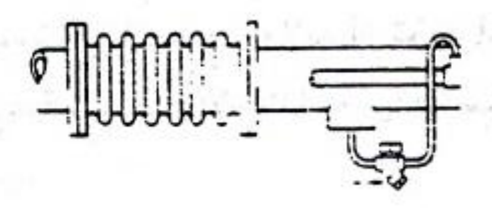
ولابد من احتساب التغير فى أطوال المواسير بسبب التغير فى درجات الحرارة سواء فى المواسير ذاتها أو فى أجزاء المكنات المتصلة بها، وكانت تستخدم وصلات التمدد المعتادة لتحقيق هذا الغرض، وتتكون فى أبسط تصميماتها كالمبينة فى شكل (٨ ـ ٣) من طول معين لماسورة

المواسير	الاستخدامات
فولاذ طرى بدون دسرات	- البخار المشبع، تغذية الغلاية، زيوت التزليق، زيوت الوقود تحت ضغط.
فولاذ بدون دسرات (١٪ كروم ، ٠,٥٪ موليبدينوم)	- البخار المحمص أكثر من ٤٦٠ °م
فولاذ طرى بلحام المقاومة الكهربية	- التغذية المساعدة، زيوت تزليق أقل من ١٧٥مم قطر، سحب زيوت الوقود، والتصريف منخفض الضغط. - مياه عذبة ومياه بحر منزلية ومداولة، جمة، صابورة (مجلفنة).
فولاذ طرى ملحوم بالانصهار الكهربى	- خطوط مياه بحر أو عذبة (مبطنة أو مجلفنة)، عادم الديزل.
نحاس أحمر	- بخار مشبع منخفض الضغط أقل من ٢٢٠ °م، التغذية المساعدة، زيوت التزليق، خطوط الهواء الصغيرة ضغط منخفض أو مرتفع.
نحاس أصفر (بالألومنيوم)	- مياه بحر وعذبة مداولة، خطوط الحريق الرئيسية، الجمة والصابورة، المياه المتكثفة، ملفات التسخين مياه بحر وعذبة للمسكن... الخ.
سبائك حديد بالنحاس والنيكل)	- مياه المداولة للبحر أو العذبة، والجمة والصابورة.

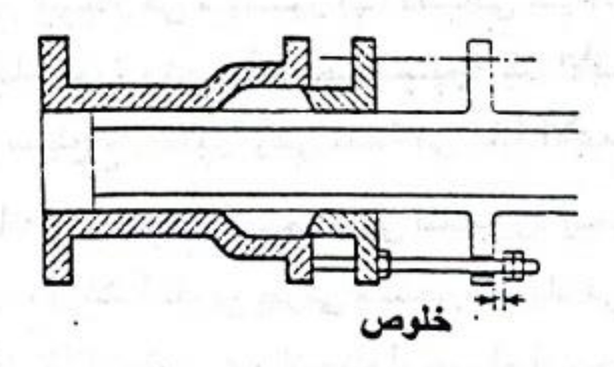
يحيط بها قميص بصندوق حشو وجلبة بحيث تستطيع الماسورة أن تتمدد حرة فى داخله لحدود معينة كما استخدمت ايضا خيات التمدد على شكل مواسير مكوعة كالمبينة فى شكل (٨ ـ ١)، ويراعى أن النوع الأفقى لا يحتاج لترتيبات تصفية، بينما يوجد فى الطراز الرأسى جيب تصفية زائد القطر مركب قبل بدء التكويع.



شكل ٨ ـ ١ وصلات تمدد بمواسير محنية (مكوعة)



شكل ٨ ـ ٢ وصله تمدد مموجة



شكل ٨ ـ ٣ وصلة تمدد منزلقة

٨ ـ ٤ وصلات التمدد المموجة (المنفاخ) :

يشيع استخدام وصلات الفولاذ المقاوم للصدأ المموجة، إذ يمكنها امتصاص الذبابات أو الحركة فى عدة مستويات، وتغنى عن الصيانة كما تقلل الإحتكاك والخسائر الحرارية.

وينبغى اعتبار اقصى وأدنى د. حرارة فى التشغيل عند اختيار الوصلة، والتى يجرى تركيبها بحيث لا تتعرض لانضغاط أو امتداد زائد عن اللزوم، وبحيث يكون الطول عند التركيب مناسباً لدرجة الحرارة الواقعة، ويشيع استخدام الفولاذ المقاوم للصدأ حتى د. حرارة ٥٠٠ °م، فإذا تجاوزت ذلك فلابد من استعمال مادة أخرى لملافاة أحوال التصدأ الشديد.

وسوف نجد فى كل وصلة واحدة أو عدداً من التماوجات الخارجية، بينما يكون لها قميص داخلى أملس السطح لانسيابية التدفق، والعزل الحرارى ولمنع التحات erosion، ويراعى تغطيتها من الخارج اذا تعرضت لتلف محتمل وتستخدم فى التطبيقات البحرية المعتادة لتوائم الحركة المحورية فى خط مستقيم فحسب، ولابد أن تزود المواسير المتصلة معها بخطافات تثبيت دليلية لمنع عدم الاستقامة، وقد تستخدم محامل المواسير ذاتها فى هذا الغرض.

وقعت انفجارات قاتلة بسبب تراكمات الزيت أو أبخوة الزيت فى خطوط هواء لا يتم تصفيتها، كذلك وقعت تلفيات شديدة بسبب الطرق المائى عند مرور البخار فى مواسير بها تصافى مياه، خصوصا عندما يكون امتداد الماسورة منحدراً لدرجة بسيطة عن الأفقى إذ يسمح ذلك للمياه بتكوين سطح حر كبير، وهى نقطة فى غاية الأهمية.

ويراعى أنه عند دخول البخار فى الماسورة يحدث له تكثف على سطح الماء البارد، وينشأ تفريغ جزئى فتتحرك المياه فى الماسورة بسرعة كبيرة (عظيمة)، فإذا توقفت عند انحناء أو صمام أو محبس مغلق فسوف تتولد قوى إيدرولية متناهية فى الشدة ويتبعها شرخ فى الماسورة، ويتضح

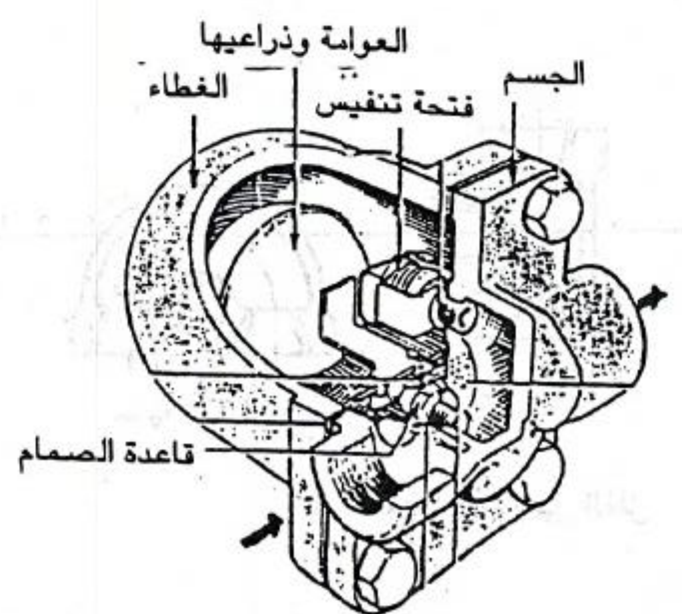
لنا أن لا فائدة تكتسب من فتح التصافى عند دخول البخار أو بعده، إذ لابد أن تترك مواسير البخار للتصفية عندما لا تكون مستخدمة، وأن نفتح المحبس الرئيسى على الخط ولو بدرجة بسيطة عن مقعده عند الرغبة فى استخدامه إلى أن يسخن الخط، وعندئذ فحسب يمكن فتح المحبس إلى آخره.

ومن المعتاد طلاء خطوط المواسير بألوان خاصة لكل سائل مخصص يمر بها، ولابد أن يعتاد مهندس التشغيل التمييز بينها من ألوان الطلاء.

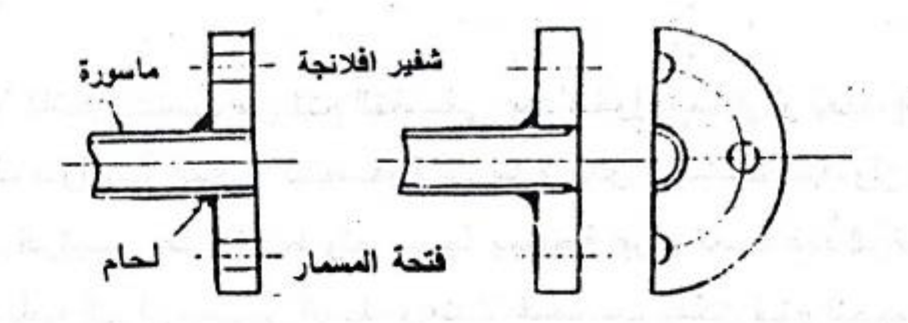
٨ ـ ٥ شفائر توصيل المواسير :

يتم توصيل أطوال المواسير المناسبة ببعضها أو بوصلات التمدد عن طريق شفائر (فلنجات) التوصيل، ويجرى تركيب الشفائر الفولاذ بالمواسير الفولاذ بواسطة اللحام أو القلاووظ أو الشحط بالتسخين، كذلك تستخدم شفائر البرونز ويجرى تركيبها باللحام على مواسير النحاس الأحمر أو الأصفر، وتستخدم وصلة اقتران (بقلاووظ) للمواسير صغيرة الأقطار ووصلة ماسورة بسن جاز لمواسير الغاز.

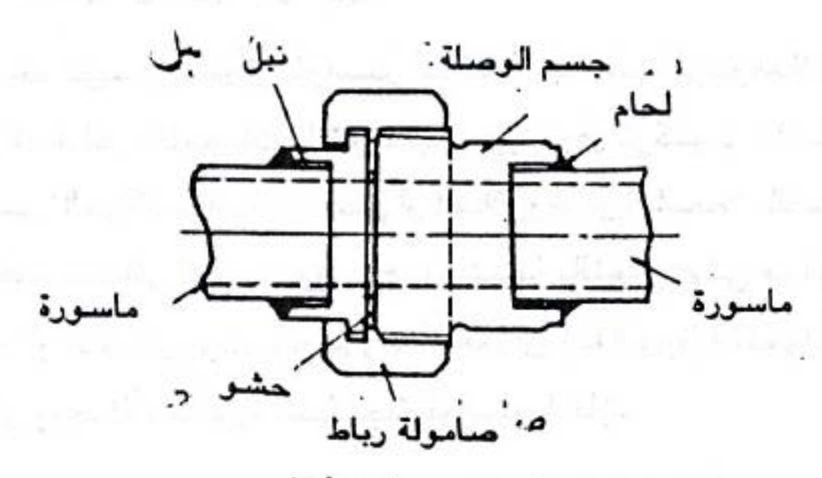
وتستخدم حشيات (باكنج) مناسبة بين شفائر وصلات المواسير يتم التقريط عليها بالرباط لإحكام التوصيل بين المواسير ومنع التسريب منها.



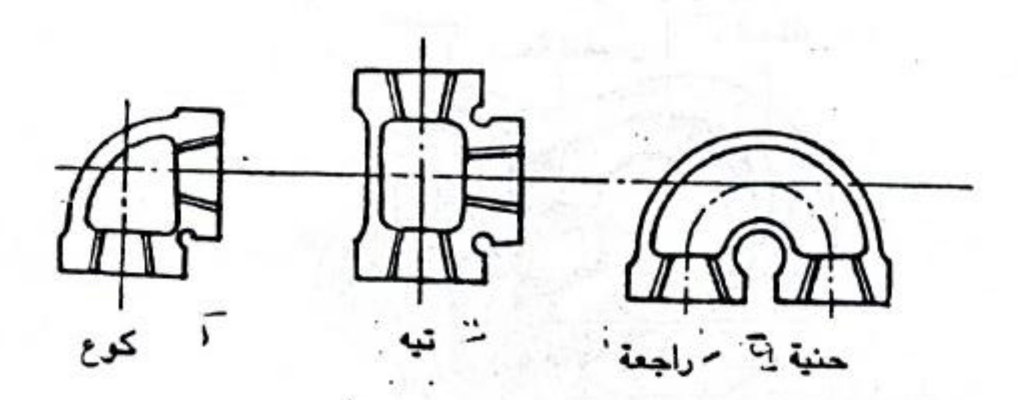
شكل ٨ ـ ٤ : مصيدة بخار



أ : وصلة بشفير (بفلانجة)

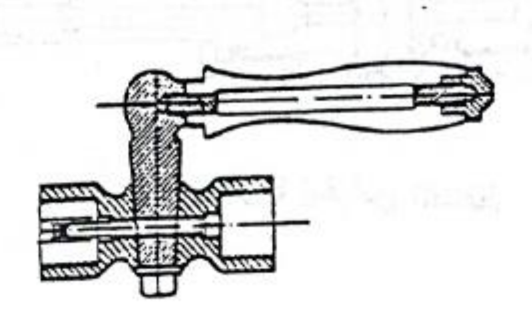


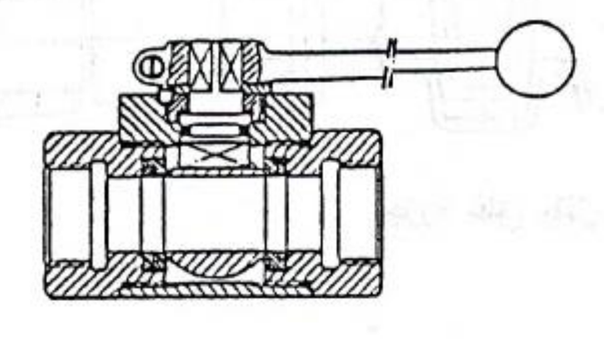
ب : وصلة بصامولة



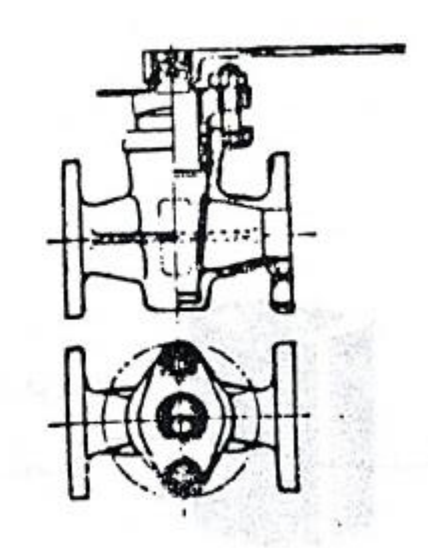
جـ : وصلة مواسير الغاز

شكل ٨ ـ ٥ شفائر توصيل للمواسير

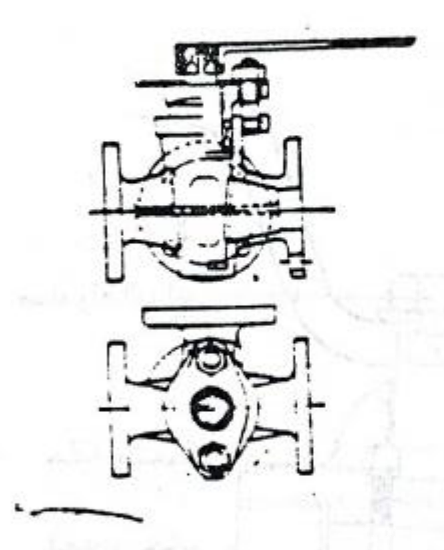




محبس كروى

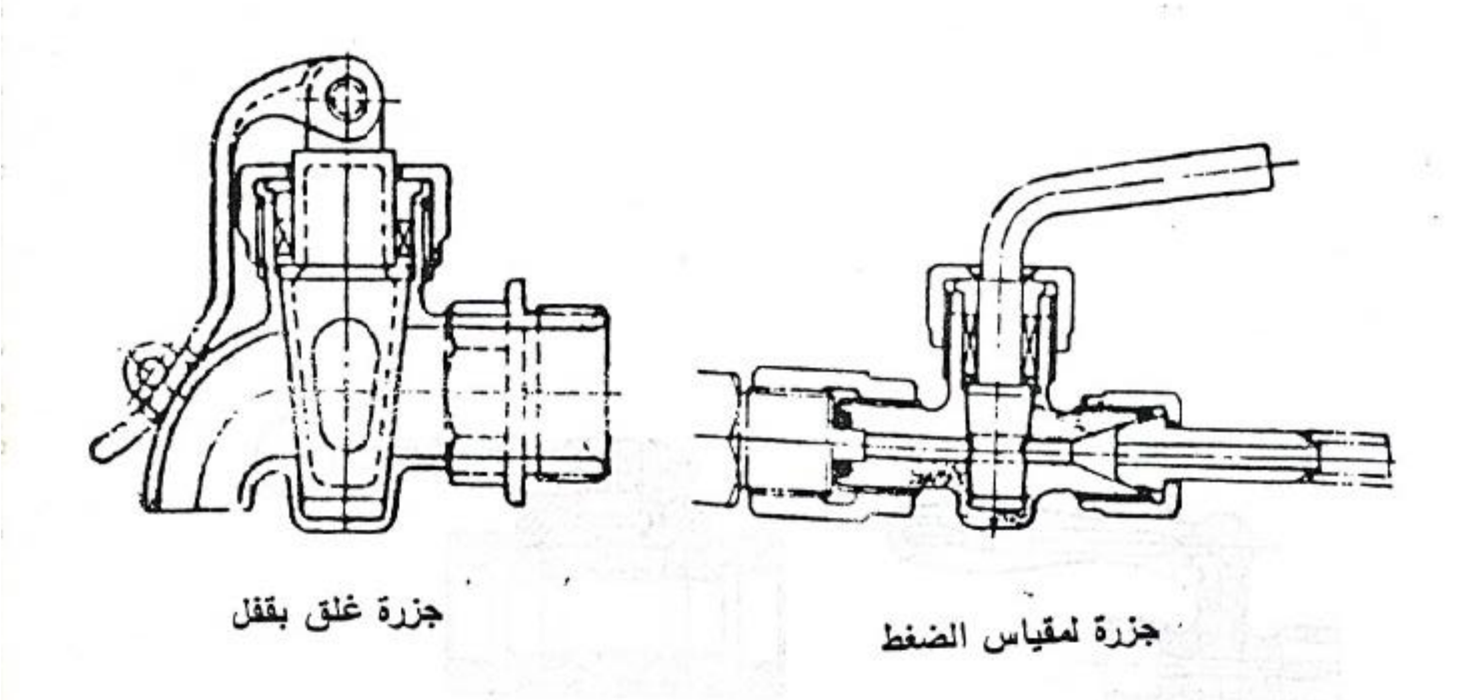


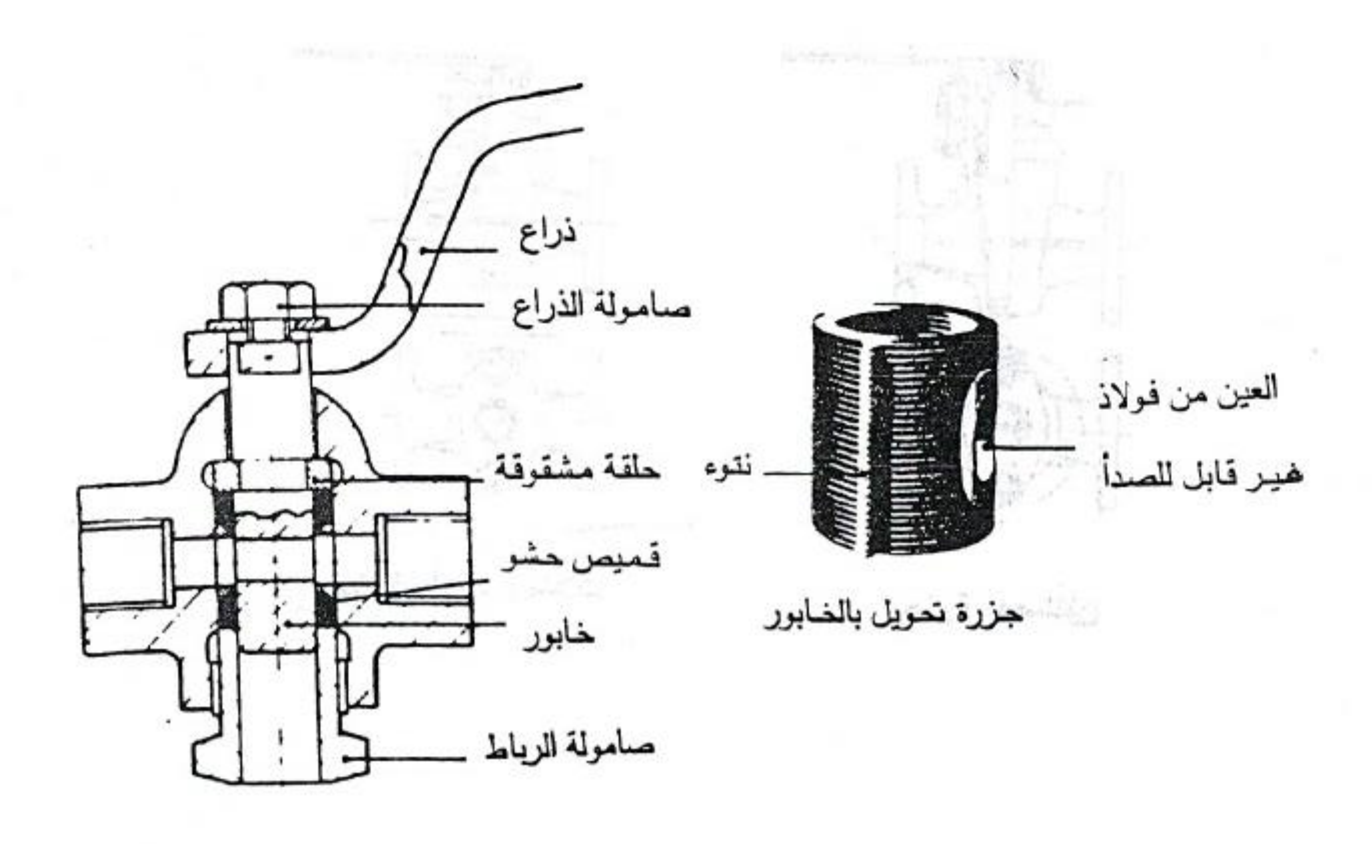
جزرة بوصلتين



جزرة بثلاث وصلات

شكل ٨ ـ ٦ : طرازات مختلفة لجزرات التحويل





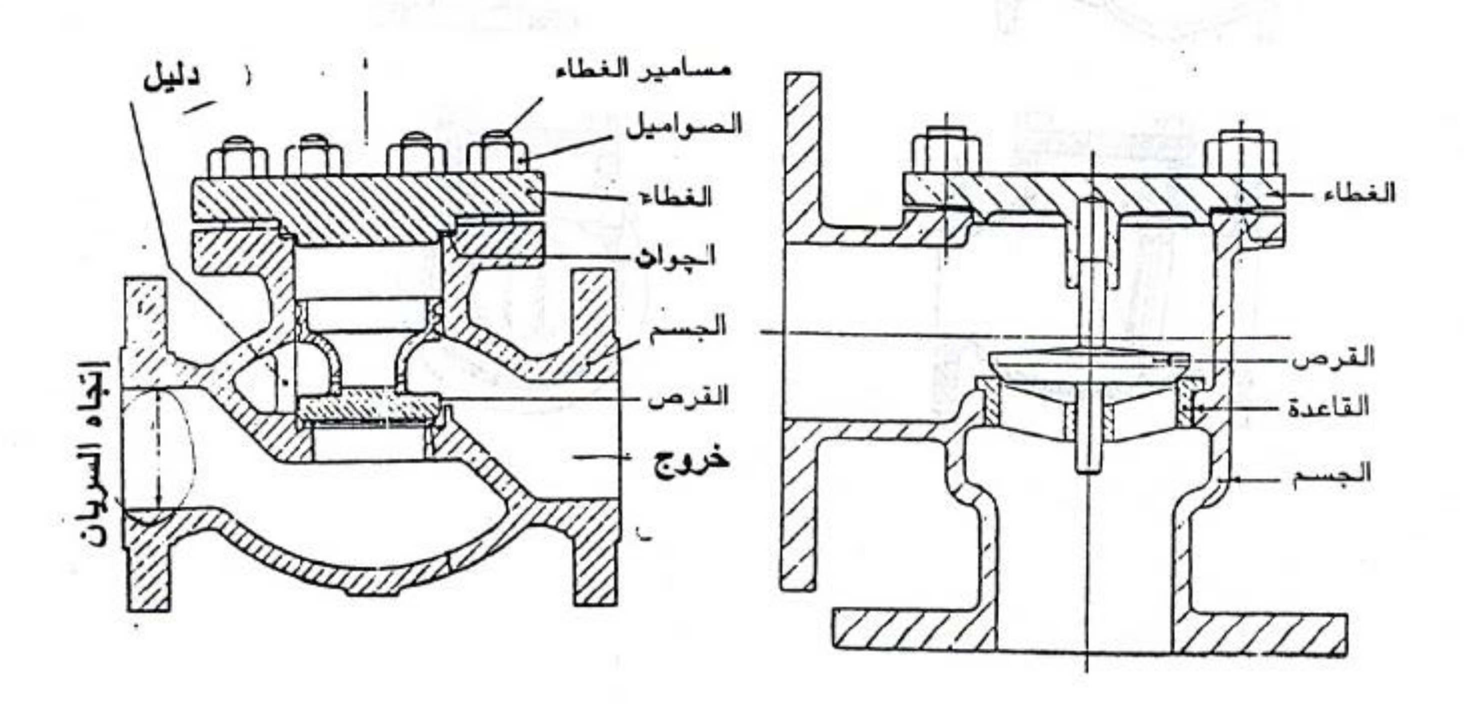
تابع شكل ٨ ـ ٦

طرازات مختلف لجزرات التحويل

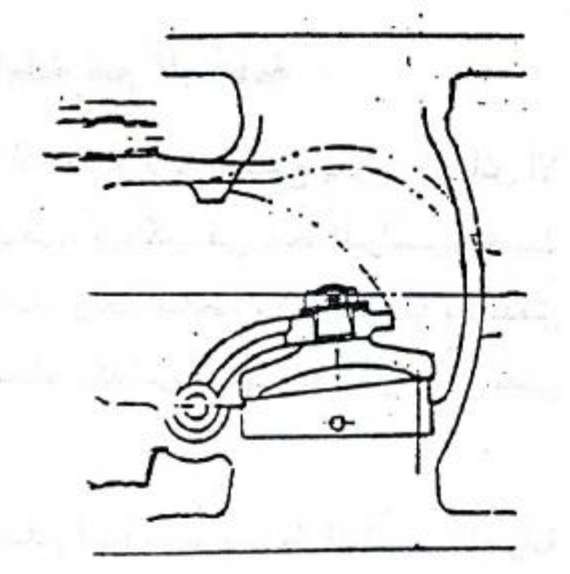
٨ - ٧ صمامات التوكيد أو الصمامات غير الرجاعة

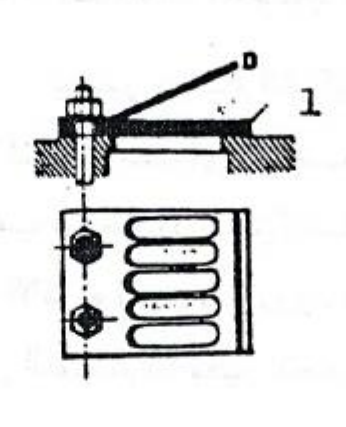
يعتبر صمام التوكيد أساسا أنه صمام لا يسمح بمرور السائل الا فى اتجاه واحد أى أنه صمام لا رجعى، ويركب فى خط المواسير حيث نرغب فى تأكيد تدفق السائل فى اتجاه واحد فقط، ولا يسمح له بالتدفق فى الاتجاه المضاد، ويزود داخل الصمام بكباس ينتهى بقرص يعمل على غلق الصمام اذا تغير اتجاه السائل .

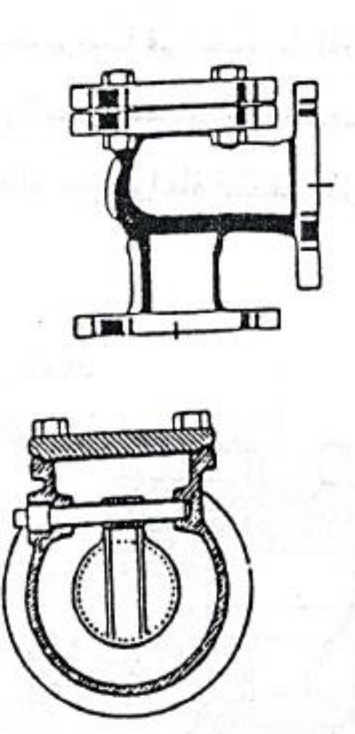
كما يشيع استخدام صمامات التوكيد من طراز قرص البوابة ويتكون من بوابة (قرص قلاب) يتمركز على ناحية من جانب الصمام ويفتح عند مرور السائل فى اتجاه رفع القلاب، ولكنه يغلق، اذا كان التدفق فى الاتجاه المضاد. ويشيع استخدامه خصوصا فى خطوط المزاريب (الميزاب)، ولابد أن يراعى بشكل عام عند تركيب صمامات التتميم أن يتطابق اتجاه السهم المطبوع على جسم الصمام مع مراعاة التدفق المرغوب للسائل .

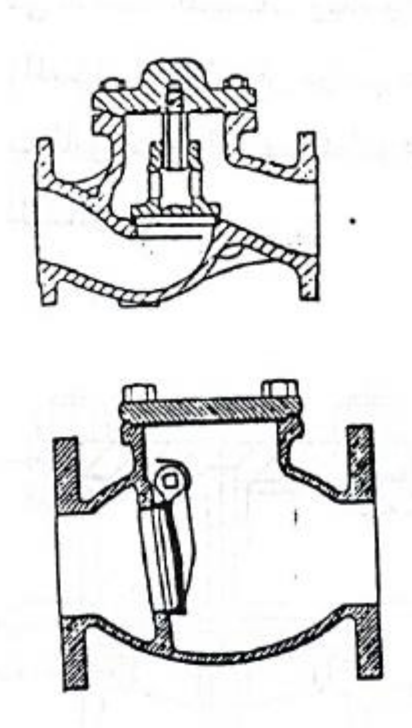


شكل ٨ ـ ٧: صمام التوكيد (لارجعى ، ثابت الاتجاه)

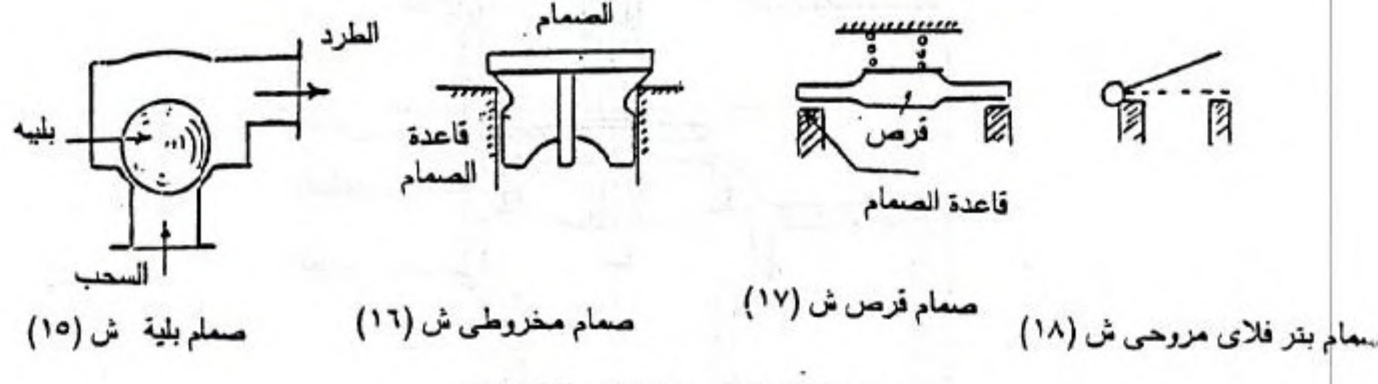






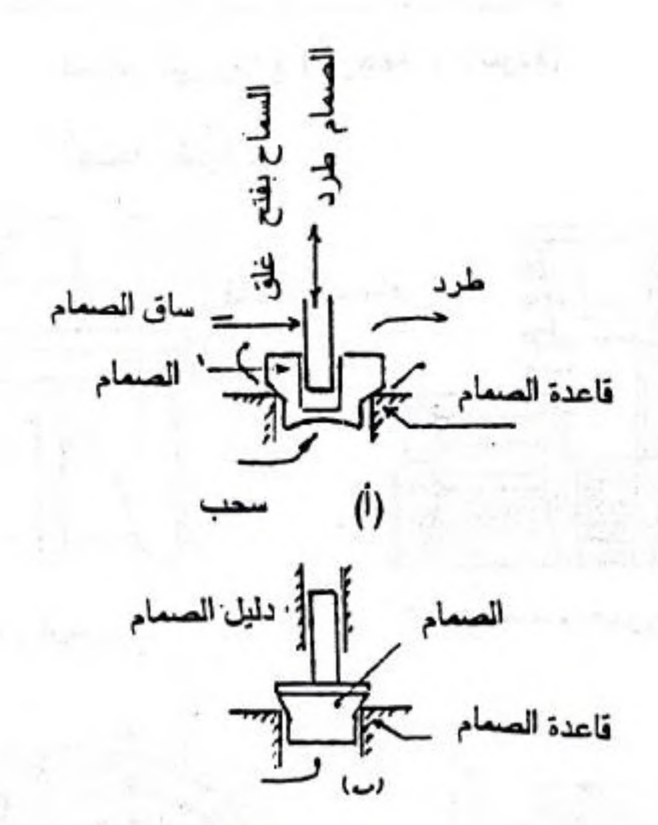


شكل ٨ ـ ٨ : طرازات مختلفة من صمامات لارجعية

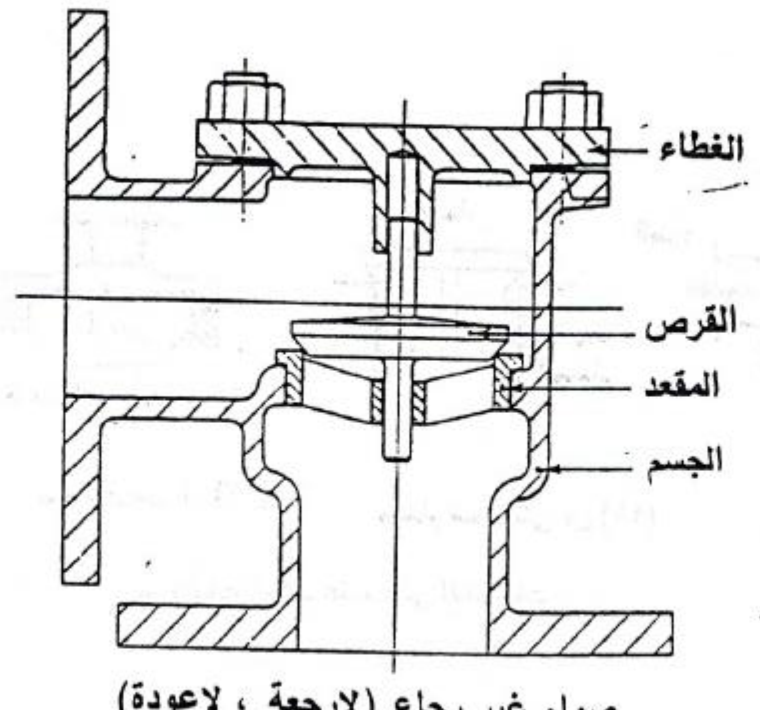


صملم بلية ش (١٥) صمام مخروطى ش (١٦) صمام قرص ش (١٧) صمام بتر فلاى مروحى ش (١٨)

صمامات تركب عاده على المضخات



شكل ٨ ـ ٩ (أ) : صمامات لارجعية



صمام غير رجاع (لارجعة ، لاعودة)

أجنحة دليلية :
دليل النابض
وجه الصمام
قاعدة الصمام

صمام مخروطى

صمام قرص

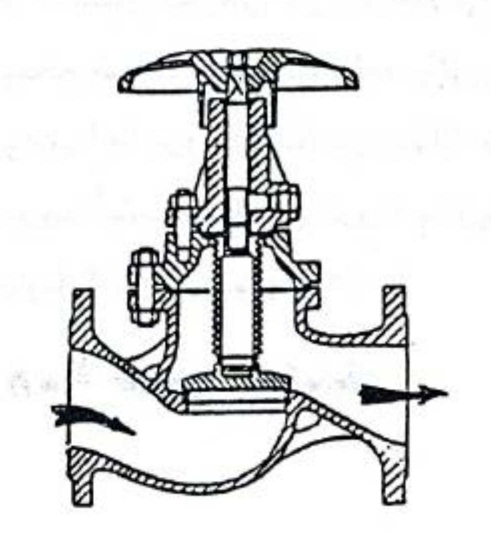
صمام حلقى

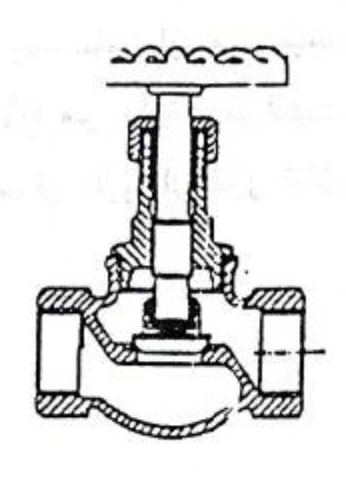
د صمام كردى

شكل ٨ ـ ٩ (ب) : صمامات لارجعية

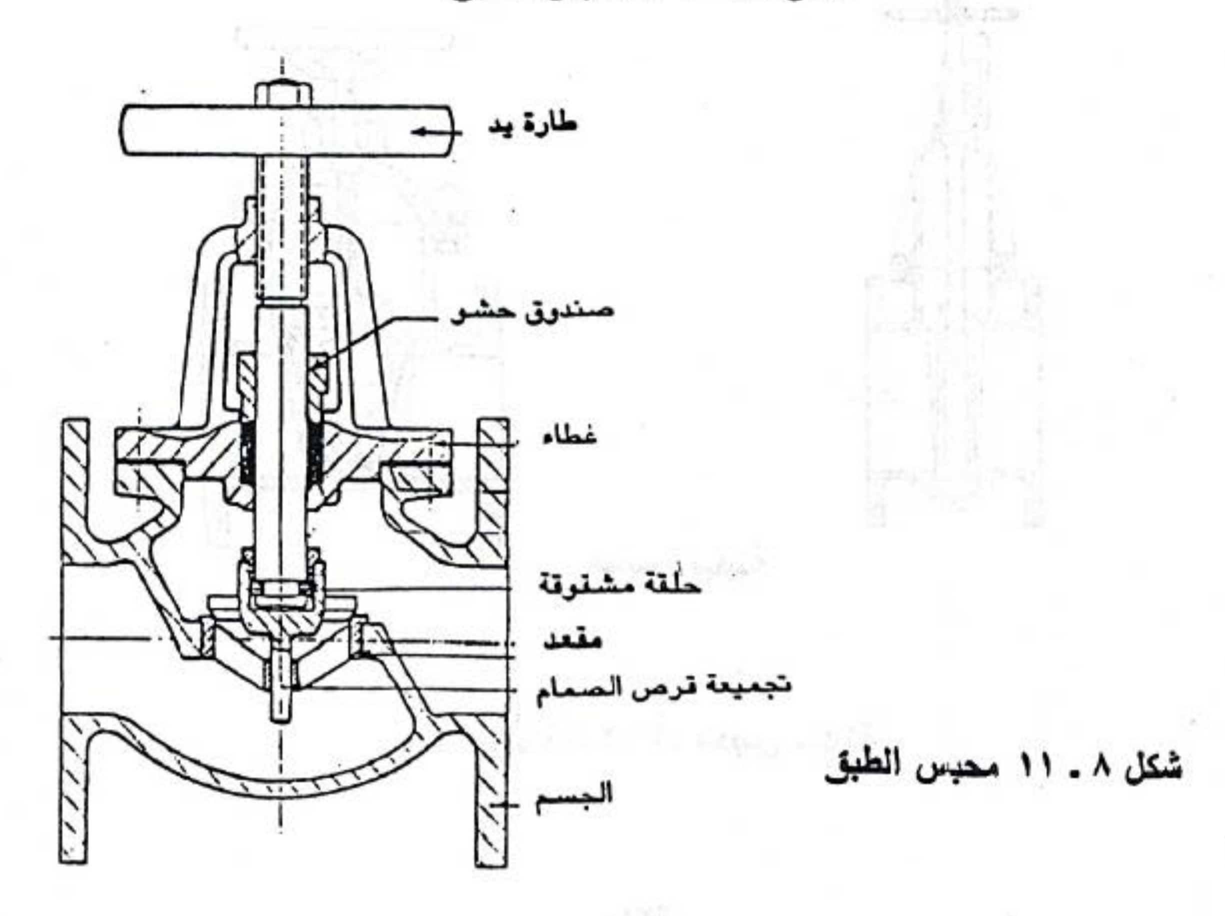
٨ ـ ٨ محبس الطبق

يكون جسم محبس الطبق منتفخاً إلى حد ما (كرة) ويحتوى على مقعد الصمام وقرص الصمام (شكل ٨ ـ ١٠) ويزود بشفيرين (فلانجات) على الجانبين لغرض توصيله إلى خطوط المواسير المجاورة، وتقوم ممراته الداخلية بتوجيه تدفق السائل خلال مقعد (فتحه) المحبس، ويتم فى العادة ترتيب التدفق بحيث يمر من تحت المقعد .





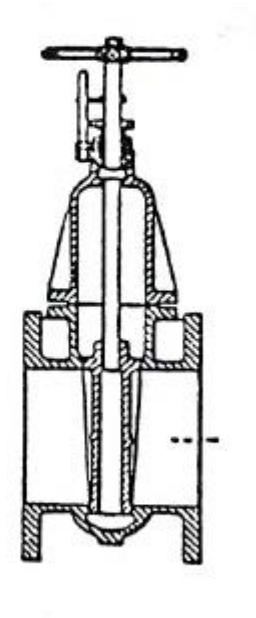
شكل ٨ ـ ١٠ : محبس الطبق

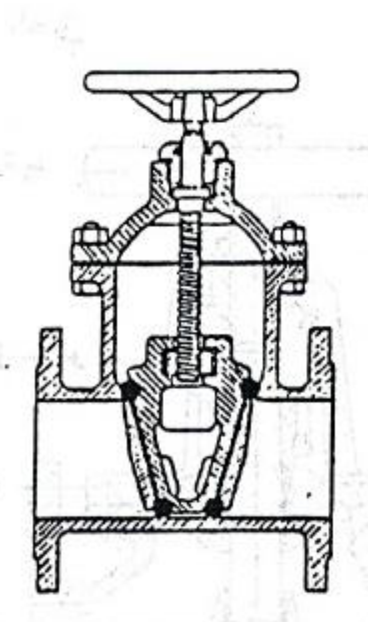


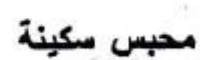
شكل ٨ ـ ١١ محبس الطبق

فلا تحتوى الغرفة العلوية على أى ضغط عند غلق المحبس، ويجرى ترتيب رفع بريمى، كما هو موضح بالشكل (٨ـ١١) ، يوصل بين ساق المحبس وقرص المحبس، ويحيط بساق المحبس صندوق حبك، يحتوى على الحشو المناسب حيث يبرز الساق من جسم المحبس، ويجرى عمل قلاووظ في الجزء العلوى من الساق حيث يمر فى قنطره (كوبرى) مقلوظة، وتستخدم طارة يد لتدوير الساق ورفع قرص المحبس عند الرغبه فى فتحه أو تخفض القرص عن الرغبة فى غلقه، ويتطابق سطح قرص الصمام مع سطح قاعدته تماما، وقد يكون السطحان بنسطين أو بميل مستدق، وغالبا ما يزود السطحان بطلاء شديد الصلابة من مادة ستيلايت، كذلك توجد أيضاً محابس كروية بزاوية، حيث نجد أن زاوية الدخول قائمة على زاوية الخروج (بينهما ٩٥°).

٨ ـ ٩ محبس السكينة

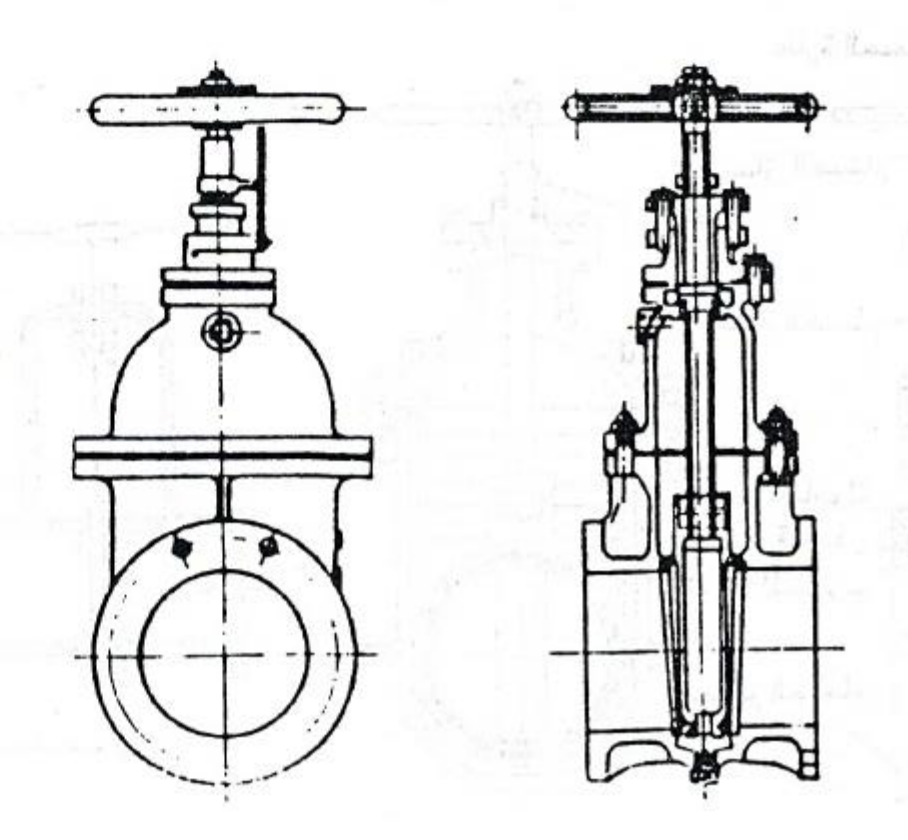






محبس سكينة

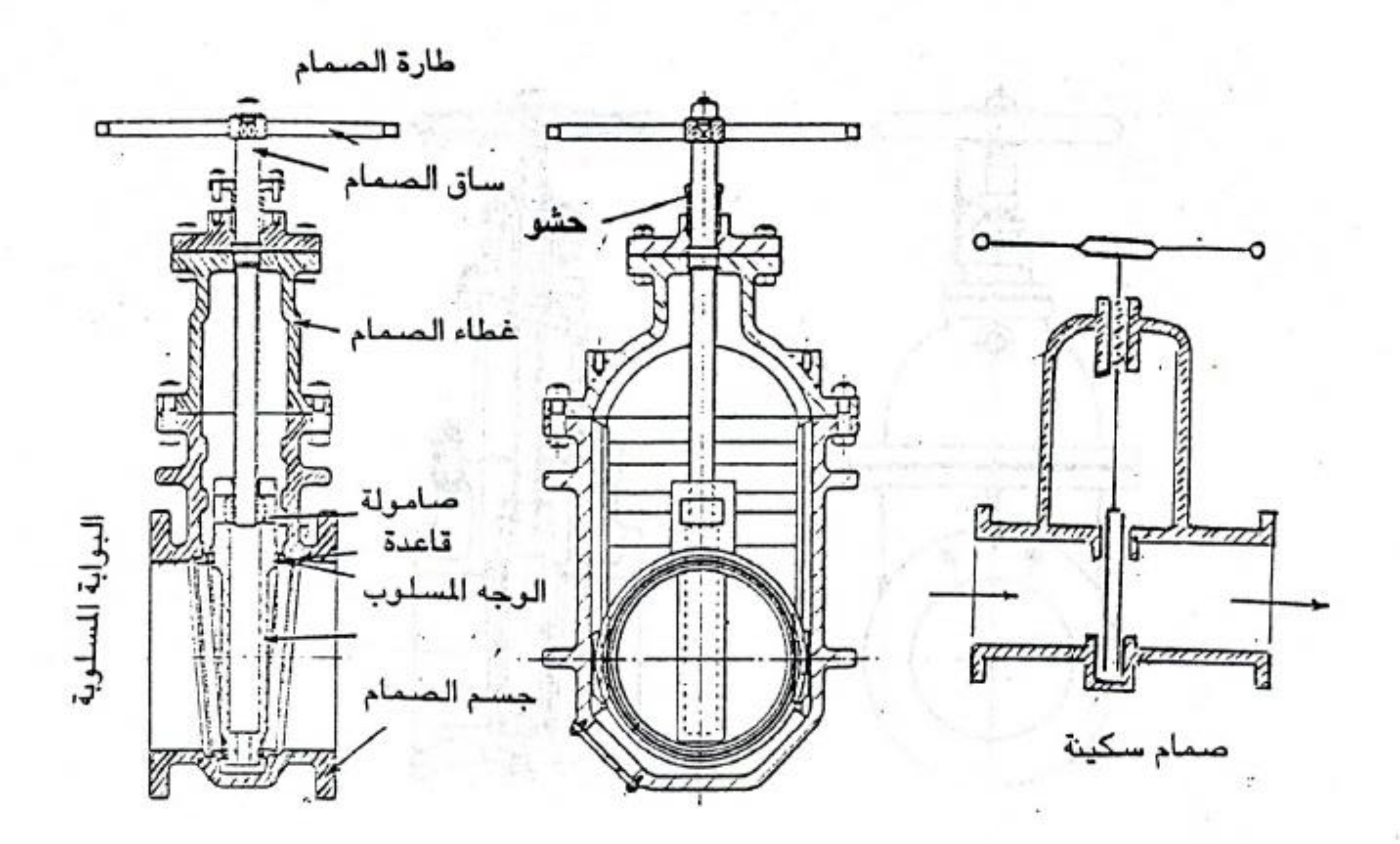
شكل ٨ ـ ١٢ أ: محبس سكينة



شكل ٨ - ١٢ (ب) : محبس سكّينة

يتميز محبس السكينة بأنه لا يغير اتجاه التدفق مثلما هو الحال فى المحبس الكروى. ويتكون المحبس كما هو مبين فى شكل (٨-١٢) من جسم منقسم فى داخله بجدار مزدوج به فتحة مركزية دائرية ومزود بمقاعد مستدقة أو متوازية عند السطح الداخلى ويجرى بداخلها سكينة منزلقة شكلها متناسب تماما للمجرى المصقول، بحيث يتعامد على اتجاه التدفق، ولايستخدم للتشغيل الجزئى فى الفتح والغلق إذ يتسبب ذلك فى زيادة برى (تآكل) المحبس أو المقعد لذا لا يصح تشغيله الا فى الوضع المغلق تماما أو المفتوح كلية وعند تجمع الصمام لابد أن ننتبه إلى أنه سيتقاعد فى مجراه حتى النهاية عند الغلق.

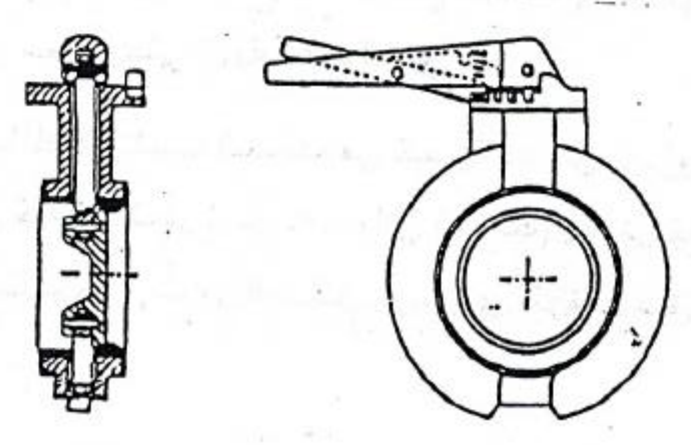
وهو بذلك لا يناسب التحكم فى كمية التدفق، ويزودنا عند فتحه بممر داخلى كامل القطر ليس به عوائق (سالك)، إذا ترتفع السكينة (أو البوابة) تماما لتخلى مرور السائل، ويجرى قلوظة ساق الصمام عند



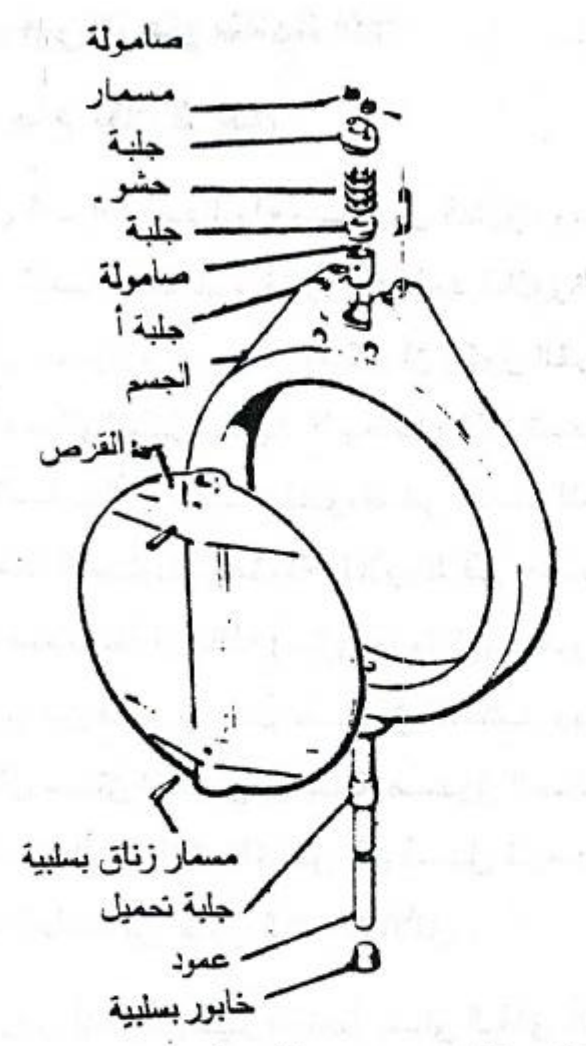
شكل ٨ ـ ١٣ : محبس السكينة (البوابة)

أسفله بحيث يتسبب فى دوران الطارة (والساق) فى رفع أو خفض السكينة، ويجوز أن تكون السكينة متوازية السطحين، أو تشكل مسلوبة (مستدقة) بحيث تناسب المجرى المخصص لهبوطها وصعودها، ويتم تصنيع المحابس الكبيرة بحيث يمكن استبدال حلقات المقعد، وحلقات سطح السكينة (أو البوابة)

٨ ـ ١٠ محبس الفراشة



شكل ٨ ـ ١٤ : محبس فراشة



تابع شكل ٨ ـ ١٤ : تفاصيل تركيب محبس الفراشة

يوضح شكل (٨ ـ ١٤) أحد طرازات محبس الفراشة. ويتكون أساسا من قرص (ريشة) يرتكز رأسيا خلال فتحة جسم المحبس والتى يكون لها نفس قطر المحبس والماسورة المركب عليها. ويتميز هذا الصمام بسرعة التشغيل إذا تكفى ربع لفة لتغيير الوضع من الغلق التام إلى الفتح بالكامل، ويعطى خصائص ممتازة للتدفق خلاله. خصوصا إذا كان تصميم القرص (الريشة) انسابيا، ويقلل فقد الضغط خلاله إلى الحد الأدنى، وتتراوح أحجام الصمام ما بين ٦ سم إلى ١٠٠٠ سم فى القطر. ويشيع استخدام هذا المحبس فى خطوط مواسير ضخ البترول .

ودورات التحكم الآلى والتحكم من بعد، وذلك لبساطة التحكم فيه وامتياز خواصه الايدرولية .

٨ ـ ١١ المحبس غير الرجاع بقلاوظ غلق

المحبس غير الرجاع بقلاوظ غلق

يبين شكل ٨ ـ ١٥ أحد أنواع محبس الطبق، ويتكون من جسم بصيلى بداخله مقعد الصمام وخابور وعمود قلاووظ لأسفل (هابط) بزاوية قائمة على محور ماسورة. ويمكن أن يكون القرص وقاعدته من مادة مقاومة للصدأ والتآكل بحيث لا يحتاج لاستبداله، أو ربما تكون القاعدة ممكنة الاستبدال ومثبتة بقلاووظ فى جسم المحبس. ويجوز أن تكون القاعدة ممكنة الاستبدال ومثبتة بقلاووظ فى جسم المحبس. ويجوز أن تكون القاعدة منبسطة أو مائلة (مزوية) ويكون عمود الساق مقلوظا بسن أو سن مربع من فوق أو تحت صندوق الحشو ويتم منع التفويت (التسريب) خلال ساق المحبس بواسطة صندوق الحشو المزود بجلبة الحشو المناسبة. وغالبا ما يتم التدفق من أسفل قرص الصمام بحيث يكون ساق الصمام دائما فى جانب الضغط الأقل .

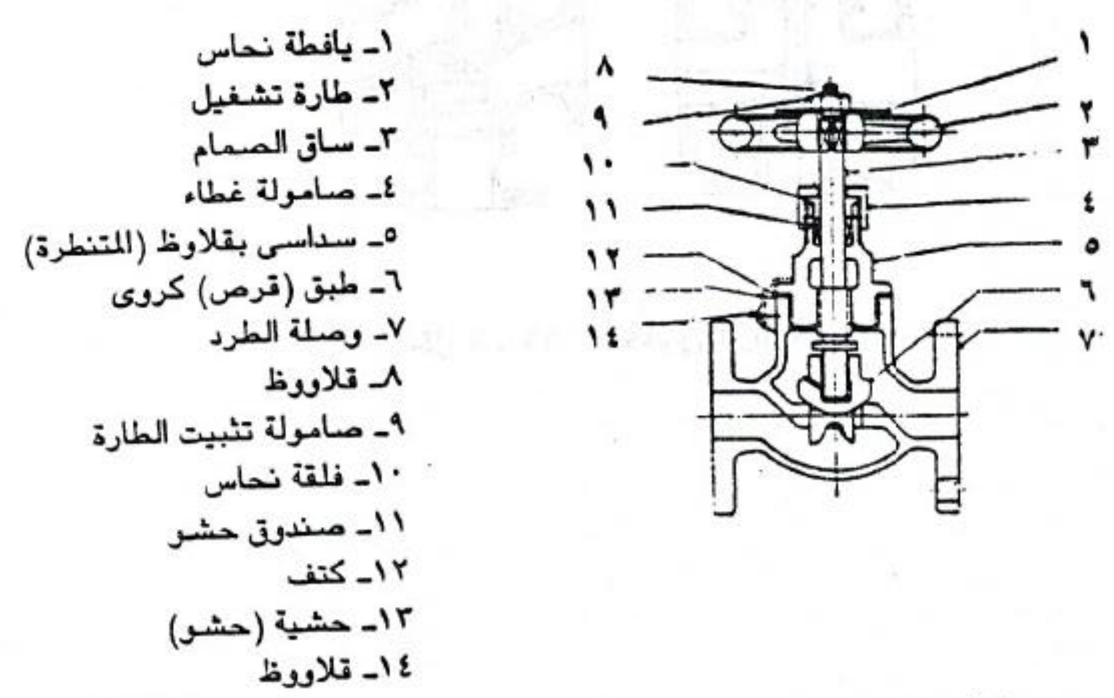
فاذا كان قرص المحبس غير مرتبط بساق الغلق كما هى الحالة فى الشكل (ب) فيسمى المحبس حينئذ من الطراز قلاووظ الهابط اللارجعى (ق.هـ.ل.ر). ويعم استخدامه فى خطوط سحب الجمة حتى لا يتسبب الاهمال فى غلق المحبس إلى ارتداد ماء البحر خلال المحبس لجمة السفينة وغمرها بالماء.

ويبين الشكل ب' الفرق فى تركيب الأجزاء الداخلية لمحبس كروى، ومحبس من طراز غير رجاع بقلاووظ غلق .

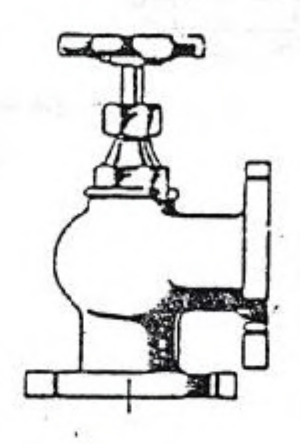
ويراعى فى الصمام أن وجهى القرص وقاعدة الصمام كلاهما من مادة ستيلايت، وغير قابلين للتلف فى أغلب الأحوال، ومن الجائز أن يكون المقعد قابلاً للاستبدال، ويتم تركيبه فى هذه الحاله بقلاووظ فى جسم الصمام من الداخل، ويكون التقاعد بين العرض والمقعد أما منبسطا أو مستدقاً فى الغالب ، ويجوز أن يكون سن قلاووظ ساق الصمام بزاوية (٧) أو مربعاً ويوجد أسفل أو أعلى صندوق الحشو، وفى الحالة الأخيرة يتم خلع الساق مع القنطرة عند إجراء الصيانة .

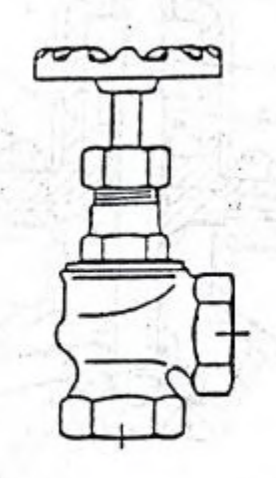
صامولة طارة اليد
ساق طراز طربوش
طارة اليد
كتيفة
لحام
قرص طربوش
جلبة بقلاووظ
ساق طراز غلق
جاويط
غير رجاع بقلاووظ غلق (غ.ر.ق.غ).
شفير صندوق الحشو
صامولة
صندوق حشو
حشية القنطرة
صامولة جذع القرص
بنطة لحام
قرص (صمام قطع)
الجسم
ستيلايت

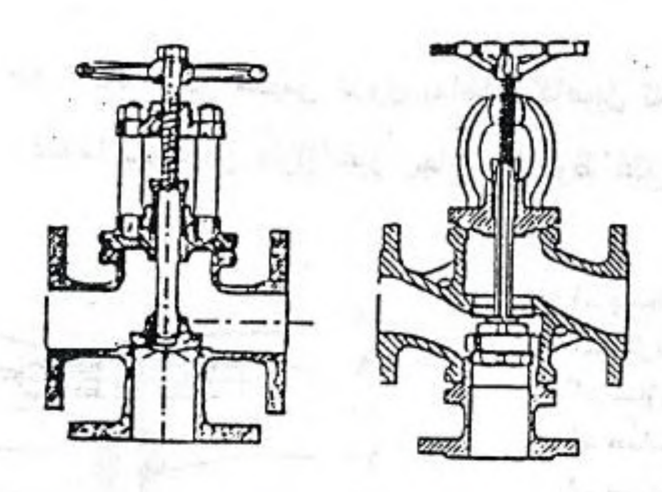
شكل ٨ ـ ١٥ : قطاع فى محبس كروى بداخله تفاصيل تنظيم المحبس (الصمام) عندما يكون من طراز غير رجاع بقلاووظ غلق يدوى



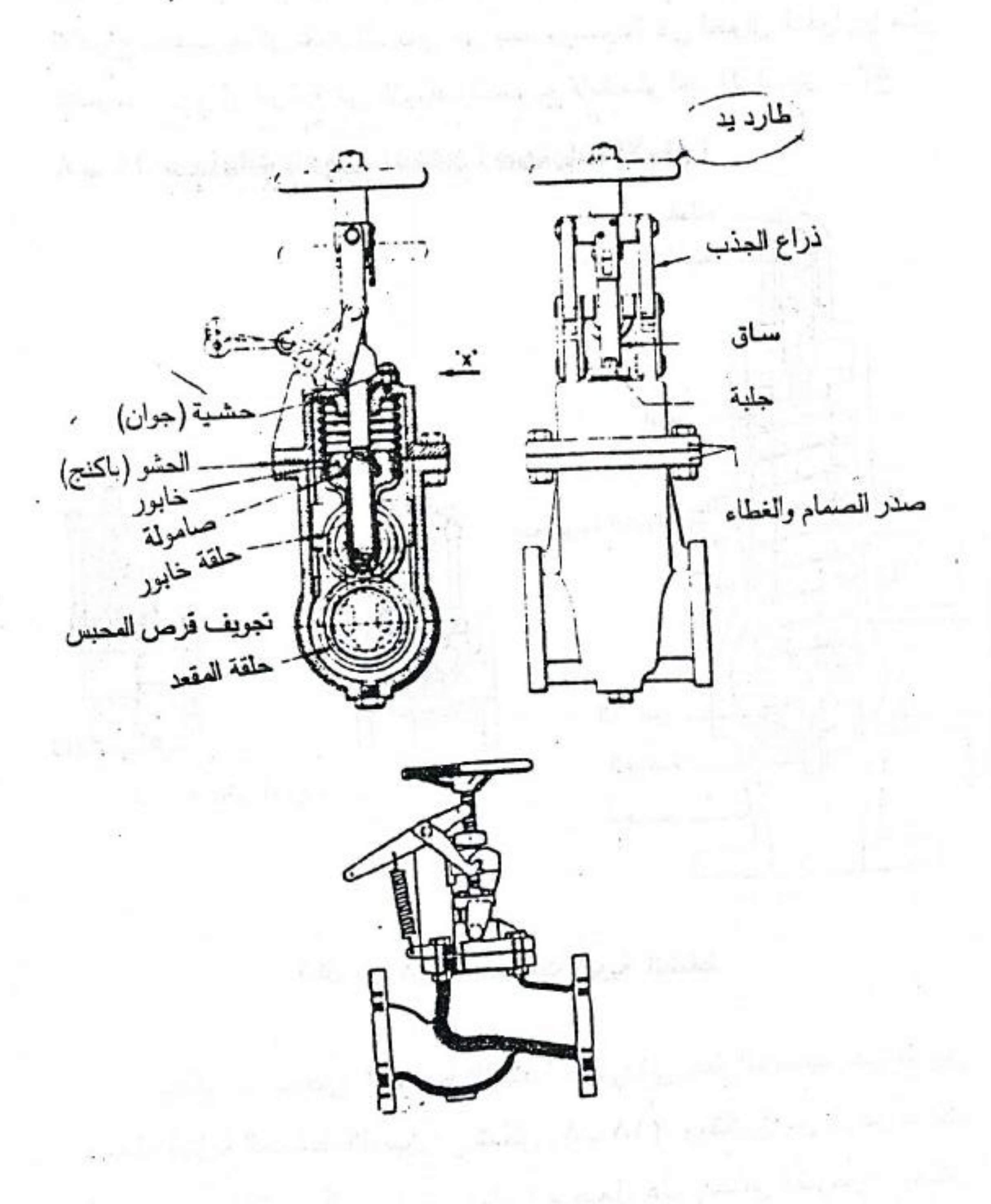
شكل ٨ ـ ١٥ ب: محبس غير رجاع بقلاووظ غلق طراز السداسى







شكل ٨ ـ ١٦ : محابس الزاوية

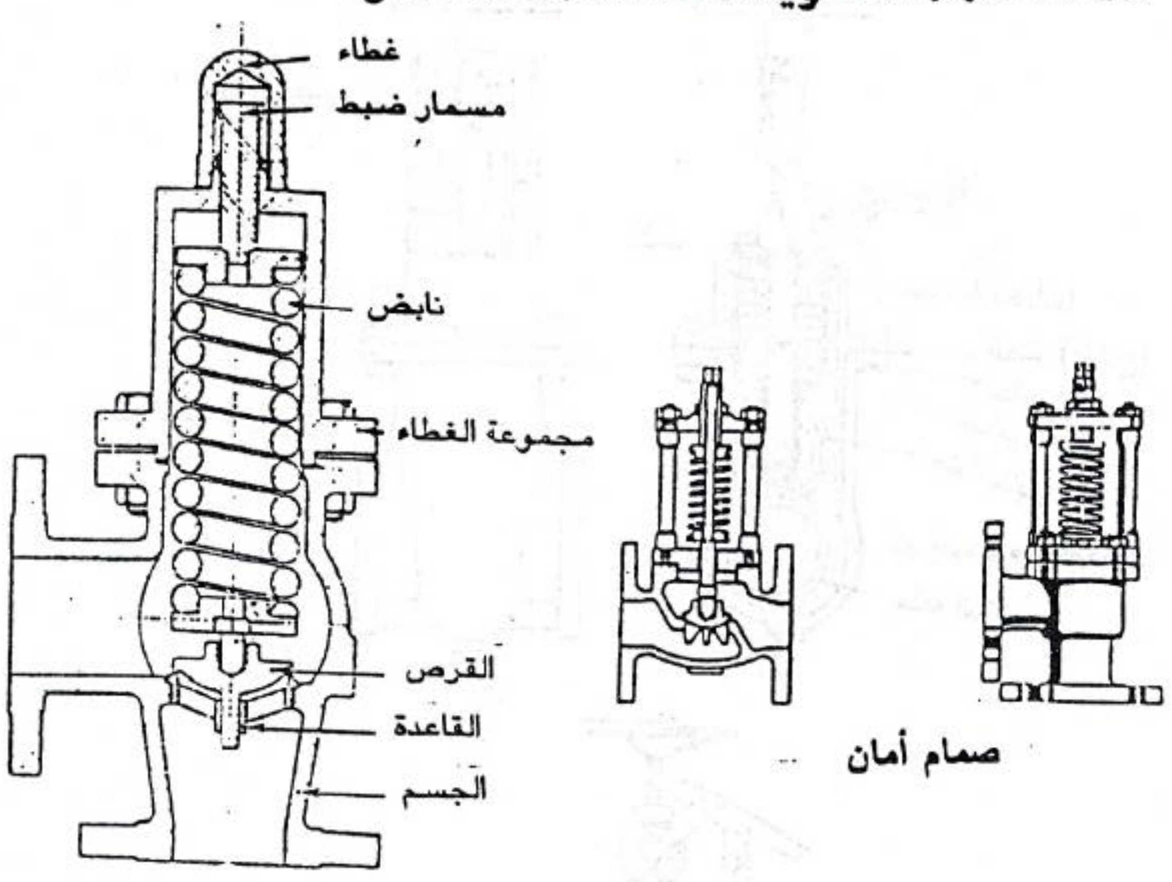


شكل ٨ ـ ١٧ : محبس الغلق السريع (اللحظى)

٨ ـ ١٣ محبس الغلق السريع

تزود أغلب خطوط التصريف من صهاريج زيت الوقود بمحابس الوقود من طراز الغلق السريع (اللحظى. ويبين شكل (٨ ـ ١٧) أحد تلك الأنواع بحيث يمكن غلق المحبس من بعد وبسرعة فى أحوال الطوارئ مثل نشوب حريق أو الرغبة فى الايقاف السريع لانفجار أحد المواسير .. الخ.

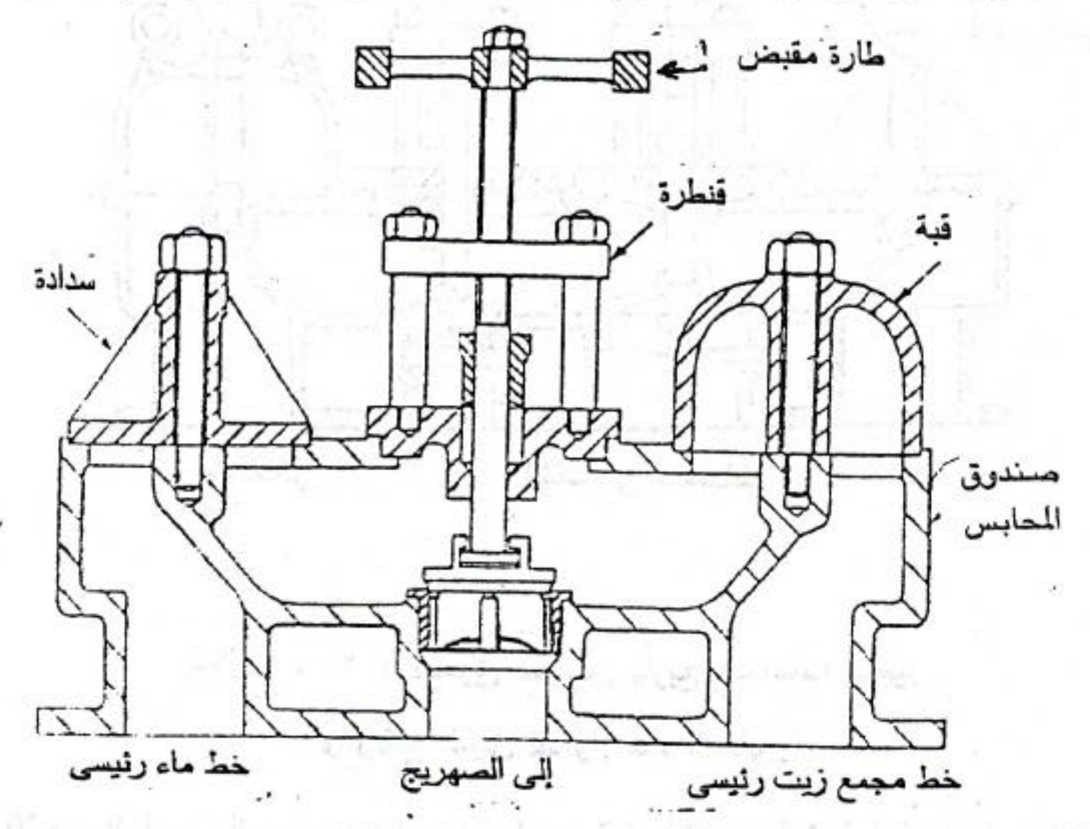
٨ ـ ١٤ صمامات تهوية الضغط (صمامات الأمان)



شكل ٨ ـ ١٨ : صمامات تهوية الضغط

يمكن تخفيض الضغط الزائد الناشئ فى خط المواسير عن طريق صمام تهوية الضغط كالمبين فى شكل (٨ ـ ١٨)، ويتكون من قرص يحكم فى وضع مغلق بتأثير نابض (ياى) محمل على ساق القرص، ويمكن مواءمة ضغط النابض بحيث ينفتح قرص الصمام عن قاعدته عند الضغط

المرغوب. ولابد أن يتم أختيار الصمام بالحجم المناسب ولمدى التشغيل المرغوب اذ يراعى أن مدى معايرة ضغط التشغيل صغير (محدد) نسبيا.

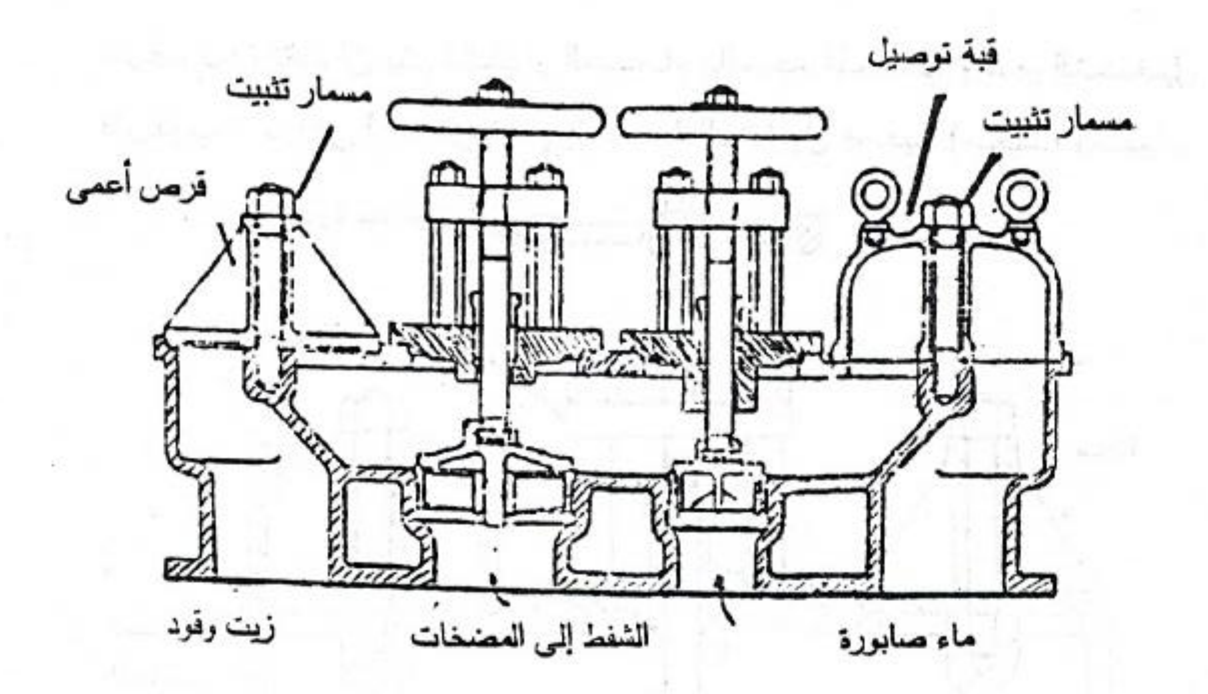


شكل ٨ ـ ١٩ : صندوق محابس

٨ ـ ١٥ : صناديق المحابس :

تستخدم المضخات فى كثير من الاحوال للتشغيل على أكثر من خط من خطوط شبكة المواسير، ويتضح عندئذ أن مواسير الشفط والتصريف تكون ممتدة إلى أكثر من صهريج أو خزان، لذلك تستخدم صناديق المحابس لتزودنا بوسيلة عملية للاستخدام المتعدد مع مراعاة عدم الخلط ولنتجنب أخطاء التشغيل.

ويبين شكل (٨ ـ ١٩) أحد صناديق المحابس المستخدمة للشفط من زيت الوقود أو ماء الصابورة حيث يتم تركيب قبة توصيل على جانب الشفط المطلوب (الجانب الايمن لماء الصابورة) بينما يركب قرص أعمى على الجانب الآخر (الجانب الأيسر لزيت الوقود) وبذلك فلن يتم الشفط



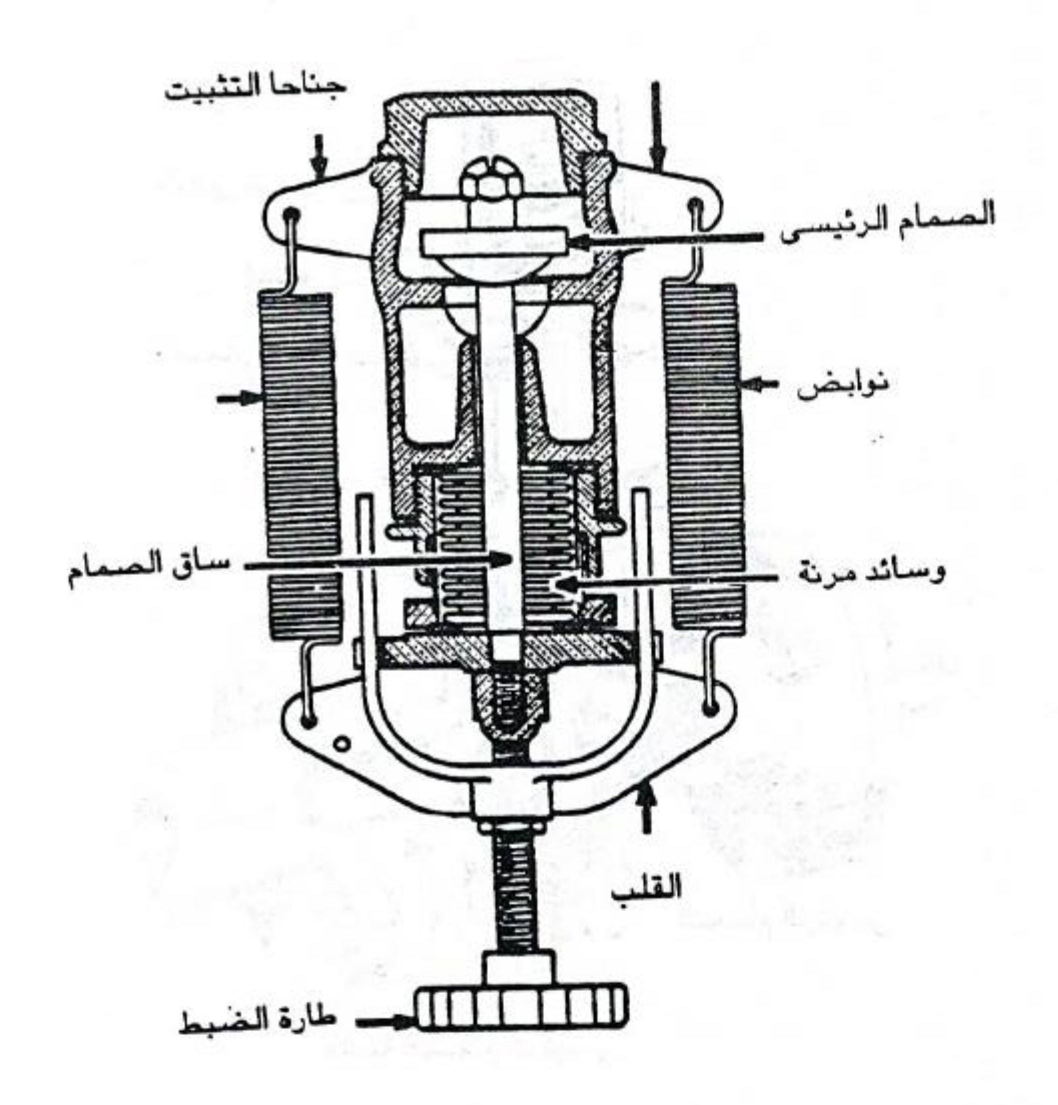
شكل ٨ ـ ٢٠ : صندوق محابس بأربع صمامات للتغيير والوضع المبين لتداول ماء الصابورة

إلا من الناحية اليمنى فقط، وعند الرغبة فى تغيير الشفط فما علينا إلا استبدال موضع القبة محل القرص والعكس بالعكس.

٨ ـ ١٦ : صمامات تخفيض الضغط

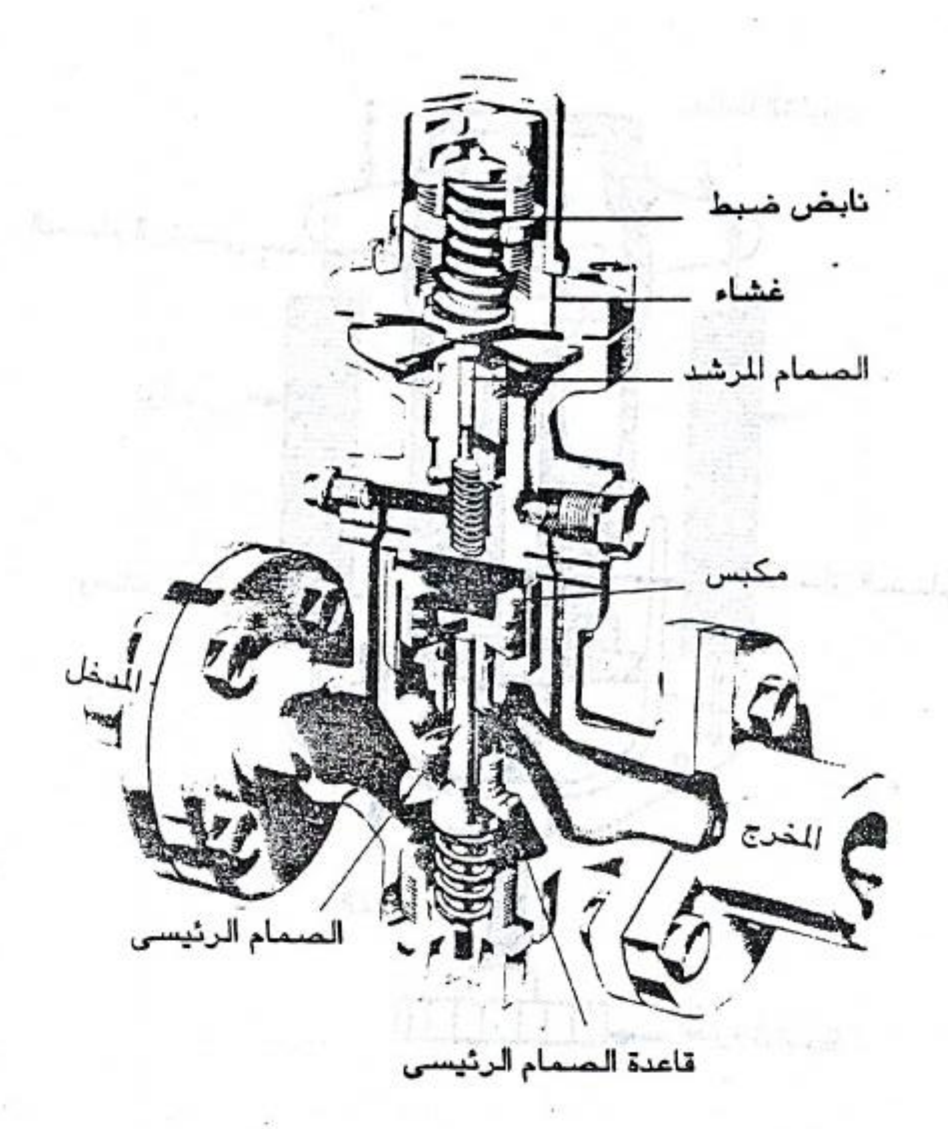
قد يكون من الضرورى فى بعض الأحيان توريد المائع فى خطوط المواسير بضغط أقل من ضغط المورد الأساسى، خصوصا فى خطوط الهواء المضغوط، وحتى يمكننا الاحتفاظ بالضغط المطلوب خلال مدى محدد، فلابد من تركيب صمام تخفيض الضغط.

ويقوم الصمام بالفتح والغلق فى أبسط صورة بواسطة ياى (نابض) سابق الشد، يتم توازنه، عن طريق الضغط المنساب خلاله والمؤثر على رق (أو منفاخ)، ويزود الياى (النابض) بمسمار قلاووظ معايرة يمكن بواسطته ضبط الشد فى الياى طبقا للمرغوب .



شكل ٨ ـ ٢١ : صمام تخفيض الضغط

ويوضح شكل ٨ ـ ٢١ صمام التخفيض وفيه يؤثر الضغط الداخل فى اتجاه رأسى لأعلى على الصمام الرئيسى (١) ولأسفل على رق التحكم المرن(٢) والذى يشكل مناظرا لكباس مساحته مساوية لمساحة الصمام الرئيسى، وعلى ذلك يكون هذان الجزءان فى حالة توازن بحيث لا تؤثر التغييرات فى ضغط الغاز الداخل (المنساب) على الضغط المخفض، ويؤثر الضغط على جانب الخروج فى اتجاه سفلى على الصمام (١)، وسوف يرتفع إلى أن يتوازن بالضبط بالشد الناشئ فى اليای (النابض) (٣)، ومن الهام فى هذا الطراز من الصمامات أن يتم تركيبه رأسيا، وينبغى دائما التتميم على الفرن ٥٠) حتى نتأكد من سلامة حركته فى الدليل.

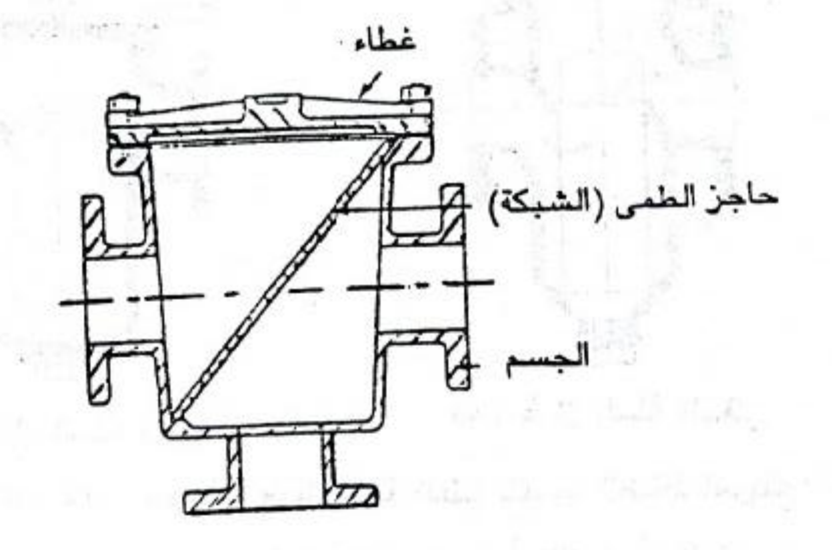


شكل ٨ ـ ٢٢ : صمام تخفيض الضغط بصمام إرشاد

ويوضح الشكل ٨ ـ ٢١ نوعا متطورا من صمامات تخفيض الضغط، وهو يتضمن صمام إرشاد يعمل على التحكم فى المائع فوق كباس تشغيل الصمام استجابة للضغط المنساب (الداخل)، ويمكن أن يتواجد هذا الصمام بحيث يتم توصيل صمام الإرشاد إلى نقطة إحساس فى موضع بعيد عن الصمام، ونجد أن بعض هذه الصمامات مزودة بوسيلة تمنحها خصائص الغلق المحكم عند ظروف توقف الإنسياب .

٨ ـ ١٧ صناديق الطمى

يتم تركيب صناديق الطمى فى خطوط السحب من فراغ الكنات (أو العنابر)، ويتكون من جسم صندوقى الشكل له ماسورة ذيل مباشرة



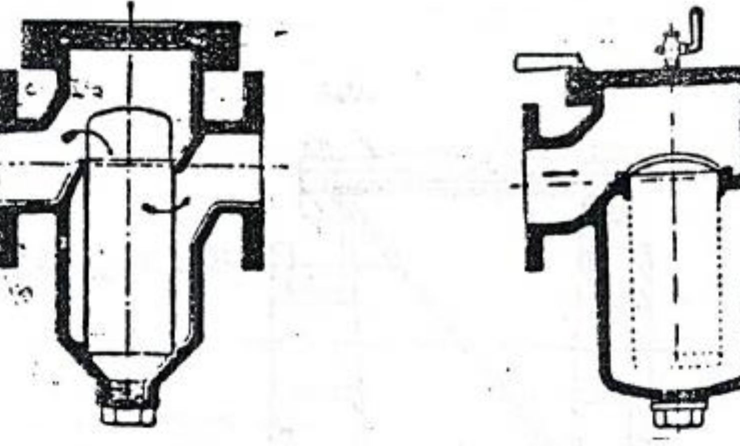
شكل ٨ - ٢٣ : صناديق الطمى

إلى الجمة، وبداخله لوح فولاذ مخروم بالعديد من الثقوب يعترض مسار المياه المتدفقة إلى خط سحب مضخة الجمة.

ويغطى الصندوق بغطاء محكوم على شفاه صندوق الطمى، ويمكن خلعه بسهولة للوصول إلى لوح الفولاذ المخروم حتى يمكن تنظيفه، دون خلع أى مواسير متصلة بالصندوق، وتكون أقطار الخروم عادة ١٠مم، ولا تقل مجموع مساحاتها عن ضعف مساحة خط السحب .

٨ - ١٨ المصافى والمرشحات :

تستخدم المصافى والمرشحات لمنع مرور الشوائب والمواد الصلبة غير المرغوب مرورها فى الدورة، وتتكون أبسط أنواعها من صندوق بغطاء قابل للفتح. ويوجد بهذا الصندوق لوح منبسط به خروم (ثقوب) بحيث يتحتم على السائل أن يمر خلال الثقوب، وتتراوح أحجام الثقوب ما بين ٣ ، ١٢ مم تقريبا. ويراعى فى هذا النوع من المصافى أن غطاءاتها تكون غالبا بمفصلات وتتعرض لسوء التقاعد، ، لذلك ينبغى التتميم على وضع الحشية وتغييرها اذا تلفت. وتستخدم تلك المصافى على نطاق واسع خطوط الشفط، وسوف يتسبب أى تفويت (تسرب) منها فى الاساءة إلى تشغيل المضخة والهبوط بجودتها، خصوصا فى الطرازات المركزية .



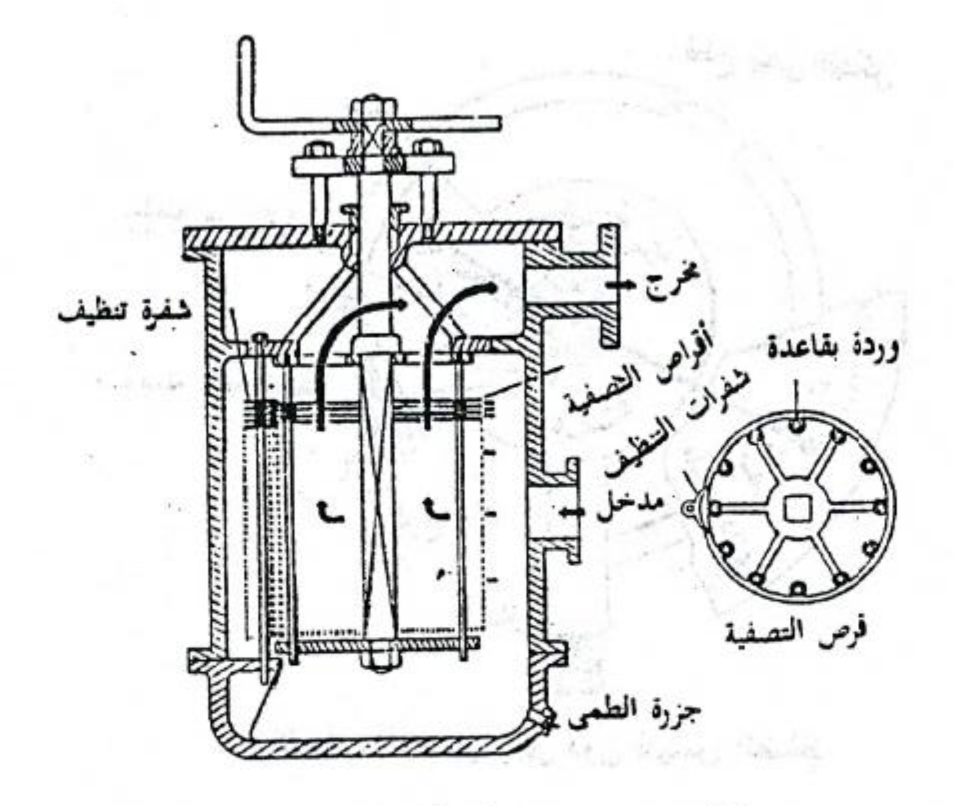
أ- طراز السلة العليا   ب - طراز السلة السفلى

شكل ٨ - ٢٤ : مصافى طراز السلة العليا تناسب الضغط المرتفع وال
والسفلى تناسب الضغط المنخلض للماء أو الزيت أو البخار

وتستخدم المصافى طراز السلة كالمبينة فى شكل (٨ - ٢٤) للكثير من الشبكات. وتتكون من وعاء اسطوانى مغلق فيه سلة معدنية أو من السلك المجدول. ويمر التدفق فى المصفاة (السلة) من أعلى لأسفل. وتتكون الوحدة فى العادة من ازدواج لمصفاتين أو أكثر يمكن التحويل من واحدة للأخرى عن طريق محبس أو جزرة تحويل بحيث نستطيع استخدام المصفاتين أو احداهما اثناء تنظيف الآخر.

المرشحات ذاتية التنظيف :

تعتبر المرشحات ذاتية التنظيف من أعم الانواع الشائعة، ويبين شكل (٨ - ٢٤) احد طرازاتها، ويتكون من مجموعة اقراص متراصة فوق بعضها على عامود المنتصف، ويحشر فيما بينها شفرات تنظيف تتراص ايضا على عامود الحافة. ويتم حجز المواد الصلبة على حافات الاقراص، وفيما بينها، وعند ادارة عامود الاقراص (المنتصف) فسوف تقوم الشفرات بكشط حافات الاقراص وما يترسب عليها من مواد صلبة لتسقط فى حوض سفلى يمكن تصفيته دوريا عند غلق محبس المرشح وقطع مرور السائل عنه، ويجب تشغيل هذه المرشحات وتدوير عمود الاقراص دوريا وبانتظام لكشط الشوائب من بين الاقراص اذ لو انسدت فقد يصبح من الصعب جدا ادارة العمود وتسليكها الا لو تم تفكيك المجموعة بأكملها، وغالباً ما تتكون وحدة المرشحات الذاتية التنظيف من ازدواج بحيث يمكن استخدام احداهما اثناء تنظيف الآخر.



شكل ٨ ـ ٢٥ : مرشح ذاتى التنظيف

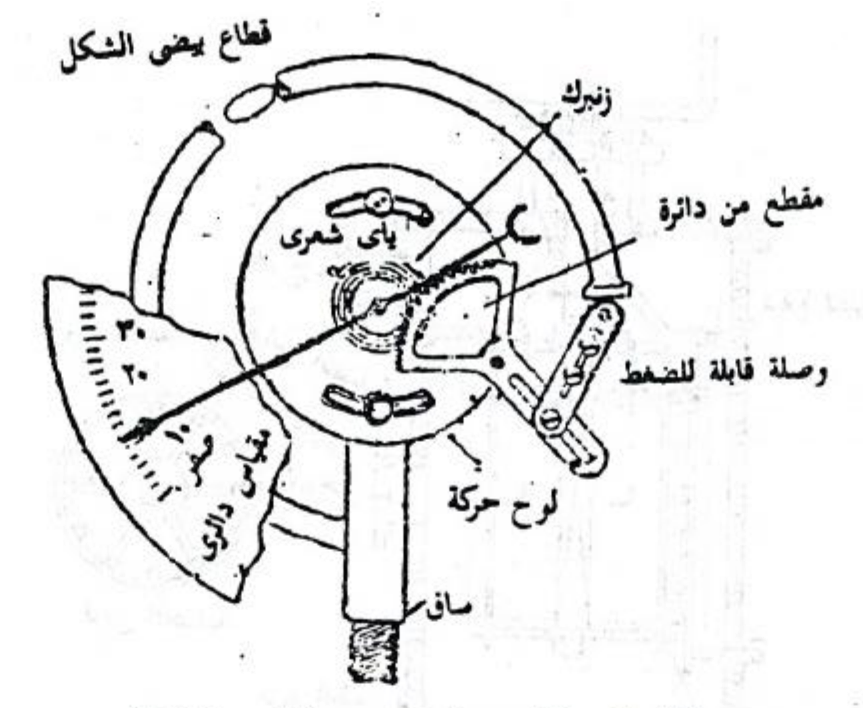
٨ ـ ١٩ أجهزة قياس الضغط :

يعرف الضغط بأنه القوة التى يؤثر بها مائع على وحدة مساحة سطح الحيز الذى يحتويه. وتقيس أجهزة (عدادات) قياس الضغط عموما فوق الضغط الجوى المحيط به. ولابد أن نتذكر دائما أن نقطة الصفر على معظم مقاييس الضغط تمثل الضغط الجوى وليس الضغط المطلق.

مقياس الضغط بانبوبة بوردون :

يبين شكل (٨ ـ ٢٦) الفكرة الاساسية لطريقة العمل فى جهاز بوردون لقياس الضغط، ونجد أن العضو المرن هو عبارة عن أنبوبة مقطعها بيضى ومحنية على شكل قوس دائرى، ويسلط الضغط على النهاية الثابتة للانبوبة خلال الساق.

ويكون طرف الانبوبة المسدود (الزنبرك) حر الحركة، ويتحرك فى قوس عندما يتغير الضغط الداخلى، ويتصل الطرف الحر الحركة للزنبرك بقطاع يدور حول محور ارتكاز، وذلك بواسطة وصلة اتصال. ويحمل القطاع اسنانا تعشق مع ترس (مسنن) محورى مثبت مع عمود المؤشر.



شكل ٨ ـ ٢٦ : جهاز بوردون لقياس الضغط

ويتم تكبير اى أنحراف صغير الى حركة كبيرة نسبيا لطرف المؤشر الذى يتحرك على تدريج دائرى.

وتصنع أنبوبة الزنبرك باشكال مختلفة طبقا للضغط المراد قياسه ويصنع من الفولاذ (الصلب) المشكل بالحدادة للضغوط العليا ويكون مقطعه الداخلى صغير نسبيا. وفى حالة الضغوط الاقل يصنع الزنبرك من معدن ذى معامل مرونة منخفض مثل البرونز أو النحاس الاصفر وتكون الجدران أرق سمكا والمقطع أكبر قطرا.

مقياس الضغط بالرق (الطبلة) :

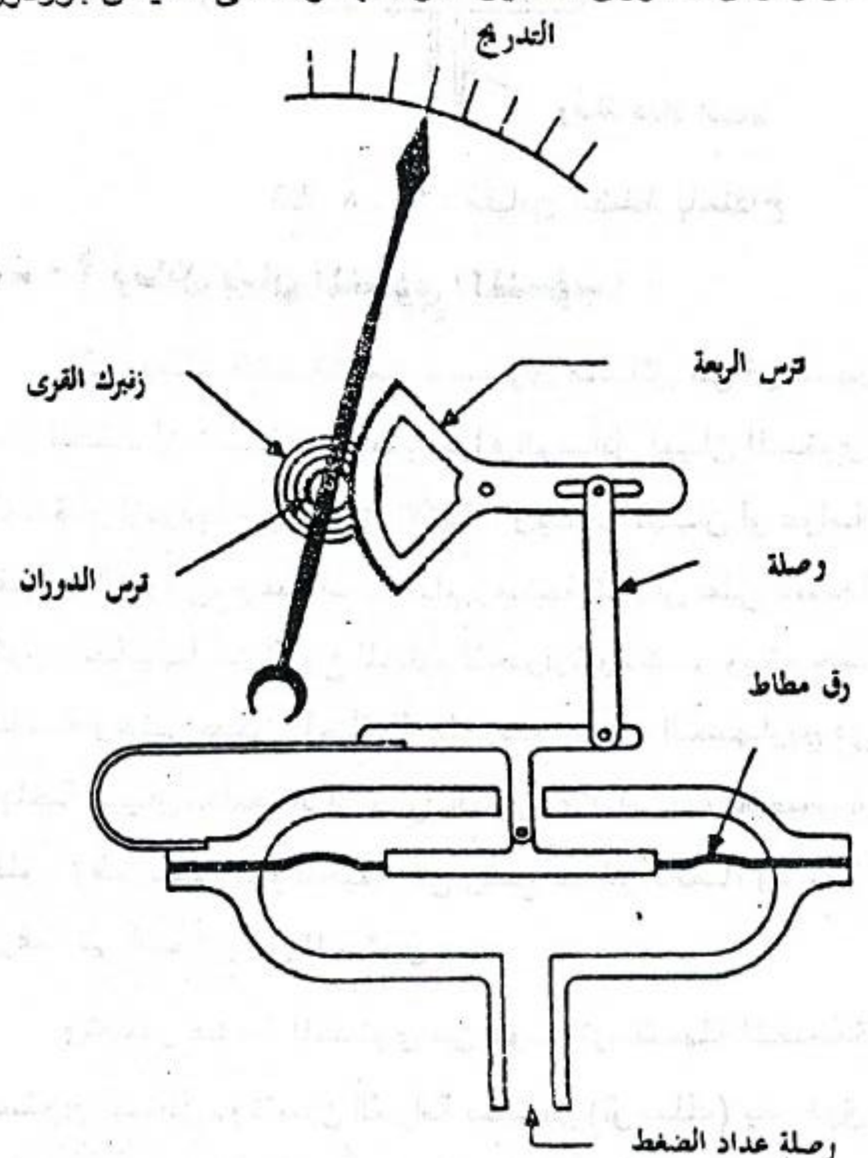
يبين شكل (٨ ـ ٢٧) المبدأ الأساسى الذى تقوم عليه طريقة أداء أجهزة قياس الضغط ذات الرق. ويدخل الضغط الى داخل كبسولة مستوية إسطوانية ويفصل بين جانبى الكبسولة بواسطة رق مرن. ويقاوم انحراف الرق بواسطة زنبرك، ويبين الانحراف بواسطة مجموعة روافع تكبير بسيطة وهى بدورها تحرك المؤشر للقياس.

ويستعمل مقياس الرق بصفة خاصة فى قياس الضغوط المنخفضة نسبيا، أى فى حدود عدة سنتيمترات من ضغط الماء، أو فى قياس ضغوط التفريغ (السالبة) أى الاقل من الضغط الجوى، ويعتبر البارومتر

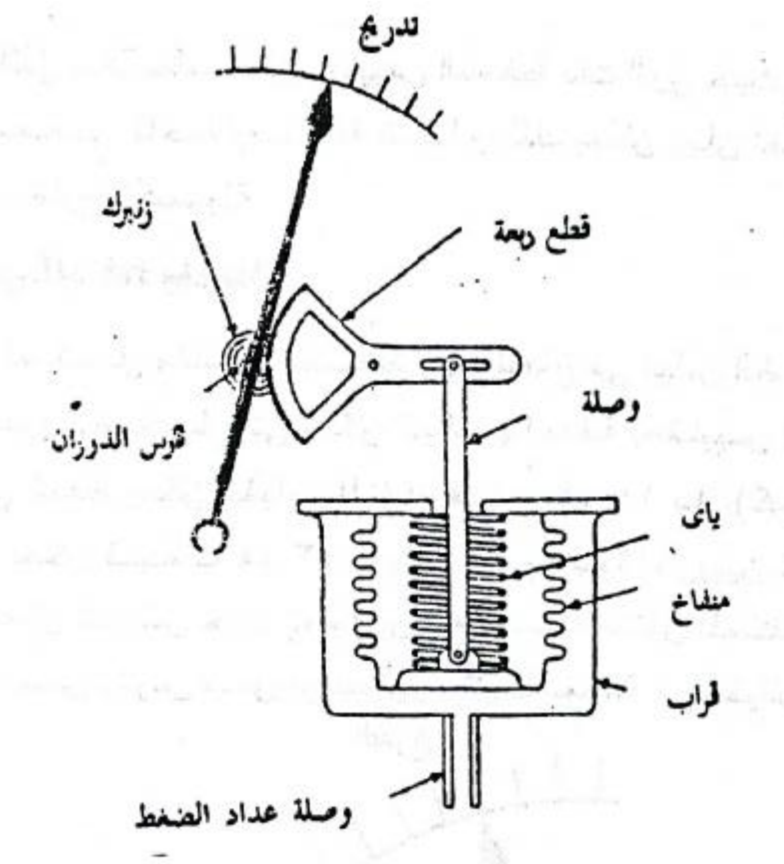
اللاسائلى حالة خاصة من مقاييس الضغط ذات الرق حيث تكون الكبسولة مبرشمة من ناحية ومفرغة تماما وبذلك يمكن بيان تغييرات الضغط الجوى خارج الكبسولة.

مقياس الضغط بالمنفاخ :

تستعمل مقاييس الضغط ذات المنفاخ فى قياس الضغوط التى تقل عن حدود الضغوط التى يمكن قياسها بدقة بمقاييس انبوبة بوردون. وأقصى ضغط يمكن لمقياس المنفاخ قياسه هو ١٠ بار (كجم/سم٢) وأقل ضغط يمكن قياسه هو ٠.٠٣ بار (كجم/سم٢)، ويبين شكل (٨ ـ ٢٨) فكرة عمل المقياس حيث تعمل روافع بسيطة تنتقل للمنفاخ حركتها الى قطاع مسنن وترس محورى صغير مثل المجموعة فى مقياس بوردون.



شكل ٨ ـ ٢٧ : الجهاز ذو الرق لقياس الضغط



شكل ٨ ـ ٢٨ : مقياس الضغط بالمنفاخ

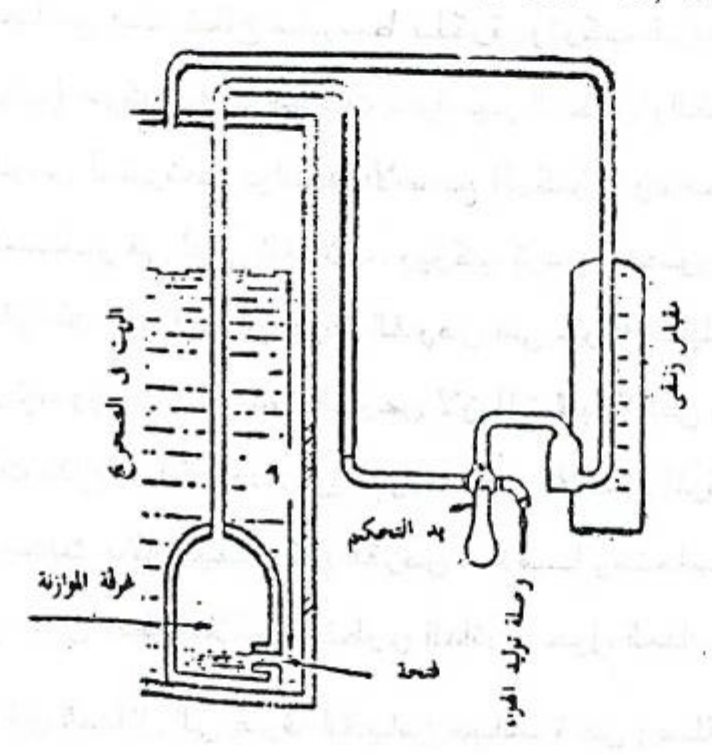
٨ ـ ٢٠ وسائل بيان المستوى (المنسوب) :

لكى يمكن التحقق من مستوى السائل فى أى صهريج أو خزان، فمن المعتاد أن تستخدم بعض أنواع الوسائل لبيان المستوى، وربما تكون واحدة أو ازدواجا من الطرق الآتية : زجاجة البيان أو عوامة المستوى، أو المقياس الهوائى. وعند استخدام زجاجة البيان على الصهاريج فلابد أن يكون زجاجها من النوع المقاوم للحرارة والكسر ويتم حمايته بوسائل خاصة وحتى يمكن المحافظة على محتويات الصهاريج فى حالة كسر زجاجة البيان، فالمعتاد أن يزود البيان عند أسفله بمحبس أو صمام ذاتى الغلق، رقد يستخدم المحبس فى وضع مغلق دائما، ولا يتم فتحه الا عند الرغبة فى التحقق من المستوى.

وتعتبر عوامة المستوى من الوسائل السهلة المعتمدة للتحقق من مستوى السائل. وتتصل العوامة بجنزير (أو سلك) يمر فوق بكرة مسننة ويتدلى عليها الجنزير (أو السلك) حاملا المؤشر الذى يتحرك لاعلى أو

لاسفل على تدريج لبيان المستوى. ومن الضرورى أن نتحقق من أحكام الماسورة التى يتدلى فيها جنزير المؤشر، كما يجب أن يكون ارتفاعها أعلى من مستوى ماسورة الفائظ (الطافح).

وكثيرا ما يركب فى الصهريج مقياس المحتوى (الكمية) من الطراز الذى يعمل بالهواء كما هى الحالة فى الصهاريج العميقة وصهاريج القاع المزدوج، ويبين شكل (٨ ـ ٢٩) فكرة عمل أحد طرازاتها. وتقوم فكرته على أساس أن ضغط السائل فى الصهريج يتناسب مع طول عمود السائل فى الصهريج ويقوم المانومتر (عداد الضغط) الزئبقى بتحديد الضغط الواقع على قاع الصهريج، وبالتالى يحدد طول عمود السائل الذى يتناسب مع حجم السائل فى الصهريج ويتم تشغيل هذا الجهاز بادخال هواء مضغوط الى حجيرة حيز قياس الضغط فى قاع الصهريج خلال صمام تحكم. وسوف يحتجز الهواء فى الحيز بقيمة الضغط الواقع عليه من ارتفاع عمود السائل فى الصهريج. ويقوم المانومتر بتحديد هذا الضغطط وتتم معايرته لقياس المستوى بدلا من الضغط كما يمكن أن يكون القياس للحجم مباشرة (أو للوزن فى حالة سائل محدد الكثافة).



شكل ٨ ـ ٢٩ : المقياس الهوائى لبيان المستوى (أو المحتوى)

ويزودنا صناع هذه المقاييس فى العادة بكتيب التعليمات الخاصة بشرح الجهاز وطريقة تركيبه وتشغيله والبيانات الخاصة بصيانته. وكما هو الحال فى كافة الاجهزة، فانها قد تتعرض للتلف فى بعض الاحيان. ولذلك تزودنا الصهاريج عادة بوسيلة تبادلية لقياس المستوى مثل المسابر (مواسير قياس المستوى) للتحقق من مستوى السائل فى الصهاريج.

٨ ـ ٢١ : عدادات الازاحة (كمية التصريف) :

تصنع عدادات الازاحة تجاريا بأنواع كثيرة منها : المكبس المتردد، والمكبس المتذبذب، والقرص المترنح، والريشة واللولب الحلزونى، ويبين شكل (٨ ـ ٢٩) نوع القرص المترنح المستخدم عادة فى قياس استهلاك المياة.

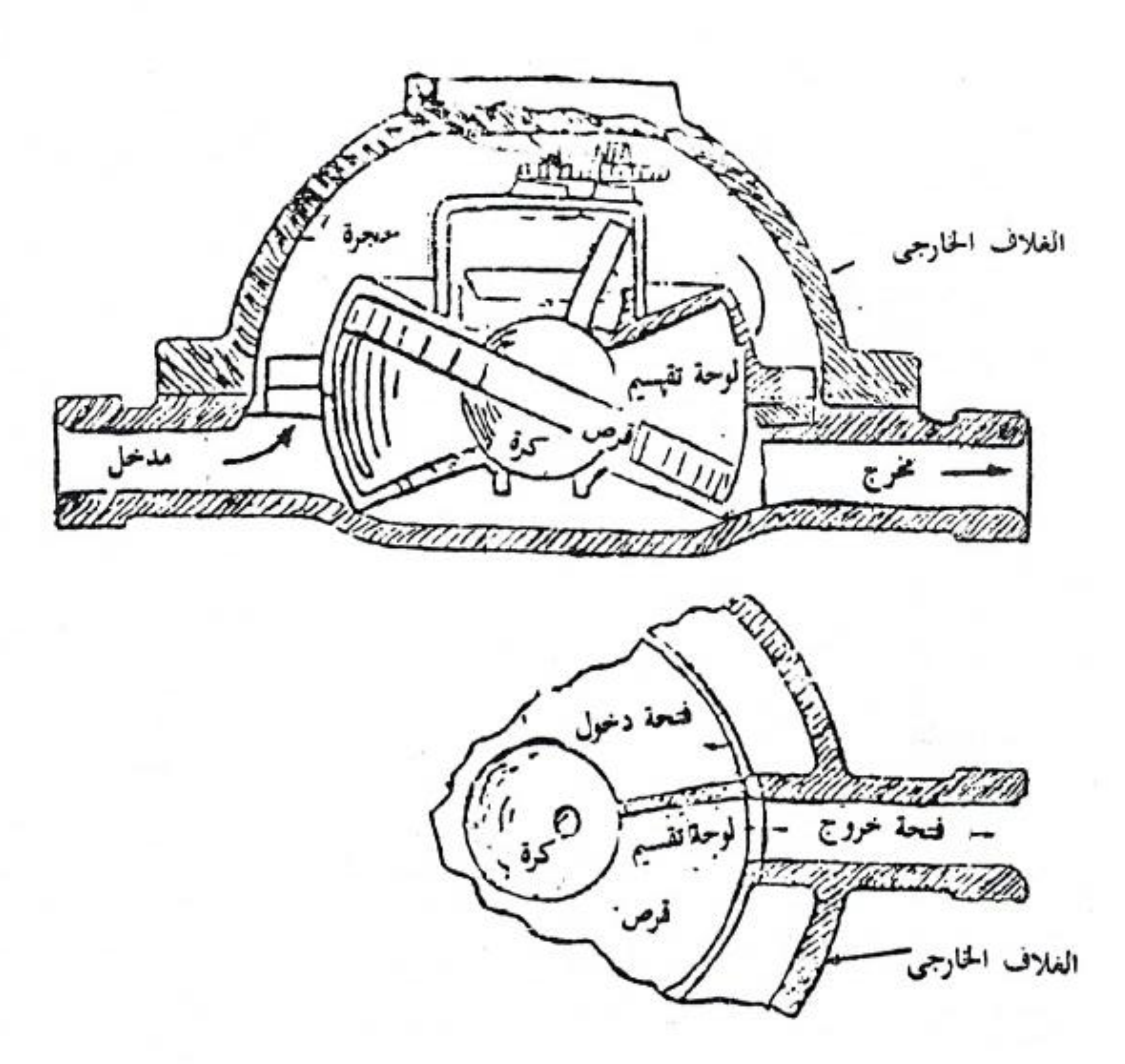
ويتكون العداد من مجمع كابس بما فى ذلك قرص بمشقبية قطرية ونصفى كرة واصبع مركزية. ويركب المجمع الكابس فى غرفة القياس التى يكون كل من سطحها العلوى وسطحها السفلى على شكل مخروطى. أما جدارها الجانبى فانه قطاع متوسط للكرة. وتركب غرفة القياس داخل غلاف (قراب) مركب به توصيلات مواسير الدخول والخروج. ويتم نقل حركة القرص المترنحة بواسطة الاصبع المركزية وعمود دوران خلال صندوق الحشو فى أعلى الغلاف. ويركب ترس محورى لادارة تروس تسجيل القراءات، ويراعى أن حركة القرص هى حركة تمايلية خاصة يطلق عليها الترنح. وبذلك فلا يدور القرص لان المشقبية التى به معشقة فى لسان مثبت بقاع غرفة العداد. ويتحرك محور الاصبع المركزى فى مسار مخروطى بحيث يظل قيمة وقاع القرص ملامسا ومتماسا مع قمة وقاع الغرفة على طول خط التلامس القطرى الدائرى حول العداد.

ويتدفق السائل الى غرفة القياس مباشرة من وصلة المدخل فتحة

موجودة فى السطح الخارجى للغرفة. وتوجد كذلك فتحة خروج موجودة على الجانب الآخر من لوح التقسيم.

ويقسم القرص غرفة القياس الى اربعة فراغات : اثنان منها فوق القرص والآخر اسفله، اثنان منهما على اتصال بفتحة المدخل والآخران على اتصال بفتحة الخروج. وتعزل هذه الاحجام الاربعة بواسطة القرص نفسه وبالاتصالات بين القرص والغرفة.

ونتيجة لكل ترنح كامل يكون الحجم مساويا لحجم الغرفة مطروحا منه حجم القرص.



شكل ٨ ـ ٢٩ : مقياس الازاحة (كمية التصريف)

الباب التاسع

المضخات الهيدروليكية

يتعرض هذا الباب لأنواع المضخات الهيدروليكية التى تعتبر مصدر الطاقة الهيدرولكية فى الدوائر والنظم الهيدروليكية فإننا شبهنا النظام الهيدروليكى بجسم الإنسان كانت المضخة الهيدروليكية نظيرة للقلب الذى يدفع الدم لجميع أجزاء الجسم ، فالمضخة أيضا هى المسئولة عن سحب الزيت الهيدروليكى من الخزان وضخه إلى المسارات المختلفة فى الدائرة الهيدروليكية

وقد بدأنا فى هذا الباب بمقدمة مختصرة عن المنظومة الهيدروليكية ثم وضحنا أنواع المضخات الهيدروليكية ثابتة التصريف ومتغيرة التصريف وهى الأنواع الشائعة لإستخدام فى معظم التطبيقات الحديثة فى كل المجالات .

الباب التاسع
المضخات الهيدروليكية

٩ - ١ عام

كلمة هيدروليكا تعنى فى الأصل (المياه) ولكن هذه التسمية أصبحت تطلق فى الوقت الحالى على عملية نقل القدرة باستخدام السوائل ، حيث يتم تطبيق ذلك فى الدوائر الهيدروليكية المختلفة التى نراها حولنا فى كافة المجالات، ففى الصناعة نجد أن الكثير من المصانع تعتمد خطوط الانتاج فيها على الهيدروليكا فى نقل الخامات وفى خطوات التصنيع مثل مصانع الصلب والبلاستيك ومصانع الأسمنت وآلات الورش الانتاجية وفى مجالات النقل البحرى نجد أن النظم الهيدروليكية موجودة بكثرة فى السفن والأوناش الموجودة على ظهرها وفى نظم التحكم فى الدفة وفتح الأبواب وفى المجالات المدنية فى الأهوسة والكبارى التى يتم فتحها وغلقها ، وكذلك نرى النظم الهيدروليكية فى معدات تداول البضائع مثل أوناش الشوكة وأوناش الحاويات والأوناش المتحركة والثابتة . ومعدات تحريك التربة باللوادر والحفارات والبلدوزرات وفى العربات المجهزة قلابات أو جمع القمامة . ونرى كذلك النظم الهيدروليكية فى عالم الطيران والفضاء فالتحكم فى أجنحة الطائرات وآليات سفن الفضاء يتم بطريقة هيدروليكية وأيضا فى مجالا الاتصالات تستخدم النظم الهيدروليكية فى التحكم فى الهوائيات الضخمة لما تتميز به من قدرة عالية وكفاءة تتفوق فيها عن طرق نقل القدرة الأخرى الميكانيكية أو الكهربية .

٩ - ٢ ميزات نقل القدرة بالطريقة الهيدروليكية :

١ - كبر قوى وعزوم الإدارة مع صغر حجم المكونات .

٢ - سهولة نقل القدرة بالأنابيب والخراطيم إلى أماكن بعيدة عن مصدر القدرة الأصلى مع سهولة تحرك الأجزاء كما هو الحال فى معدات الحفر وتحريك التربة .

٣ ـ إمكانية الحصول على حركة طولية أو دورانية مباشرة باستخدام اسطوانة هيدروليكية أو محرك هيدروليكى .

٤ ـ إمكانية بدء الحركة مع وجود الحمل الكامل على الدائرة .

٥ ـ سرعة رد الفعل عند البدء من السكون .

٦ ـ امكانية التحكم فى الحركات السريعة وفى الحركات الدقيقة متناهية البطء .

٧ ـ سهولة الحماية ضد الأحمال الزائدة باستخدام صمام حد الضغط «الريليف» .

٨ ـ سهولة عكس الحركة الطولية والدورانية التى لا تحتاج إلا إلى عكس اتجاه سريان الزيت عن طريق صمام التوجيه .

٩ ـ ملائمة الدوائر الهيدروليكية للتحكم الاليكتروني الدقيق .

١٠ ـ إمكانية تخزين القدرة في الدائرة باستخدام المركم بحيث يمكن تشغيل الدائرة حتى مع انقطاع مصدر الطاقة الأصلى .

١١ ـ الزيت الهيدروليكى يعتبر وسيلة لتزييت عناصر الدائرة وفى نفس الوقت هو عنصر للتبريد أثناء سريانه فى أجزاء الدائرة المختلفة حيث ينقل الحرارة المتولدة فى العناصر المختلفة ويفقدها أثناء مروره بالخزان المتسع نسبيا .

١٢ ـ موائمة الأحمال الخارجية تلقائيا حيث يتولد الضغط فى الدائرة بناء على الحمل الواقع على عنصر التشغيل بها «الاسطوانة أو المحرك الهيدروليكى» فكلما زاد الحمل زاد الضغط فى الدائرة حتى تمام التغلب على المقاومة وتحريك الحمل .

٩ - ٣ عيوب نظم التحكم الهيدروليكى :

١ - الخلوصات الدقيقة فى عناصر الدوائر الهيدروليكية تجعل تكاليف انتاجها عالية الثمن نظرا للتقنية الدقيقة المطلوبة لتصنيع عناصر الدوائر الهيدروليكية مما يرفع من ثمن المعدات والماكينات الهيدروليكية عن مثيلاتها التى تستخدم الوسائل الميكانيكية أو الكهربية فى نقل القدرة .

٢ - لنفس السبب أيضا فإن الخلوصات الدقيقة للأجزاء تجعل مدى درجات الحرارة التى تعمل فيه الأنظمة الهيدرولكية مدى محدود لأن زيادة الخلوصات أو نقصها يؤدى إلى خلل فى وظائف الدائرة .

٣ - كما تفرض الخلوصات الدقيقة أيضا ضرورة مراعاة النظافة التامة للدوائر الهيدروليكة لأن أى ذرة تراب تتسرب إلى داخل الخلوصات الدقيقة للأجهزة يمكن أن تسبب تلفها أو اختلال أداء وظيفتها .

٤ - عدم ملائمة نظم التحكم الهيدروليكى فى التطبيقات ذات القدرات المنخفضة .

٥ - قابلية الزيوت المعدنية للاشتعال تحد من امكانية استخدام الدوائر الهيدروليكية بالقرب من مصادر اللهب والحرارة المرتفعه .

٩ - ٤ الدائرة الهيدروليكية :

تتكون الدائرة الهيدرولكية أو المنظومة الهيدروليكية فى صورتها المبسطة من **وسيلة قيادة** وهى التى تمد المنظومة بالحركة الأساسية وهى عادة ما تكون محرك كهربى أو آلة احتراق داخلى أو حركة يدوية حيث تقوم وسيلة القيادة باستخدام الطاقة الكهربية أو الحرارية أو العضلية فى إمداد النظام بالطاقة الميكانيكية لإدارة العنصر التالى لها وهو **المضخة الهيدروليكية** أما المضخة الهيدروليكية فيمكن اعتبارها مثل قلب الإنسان

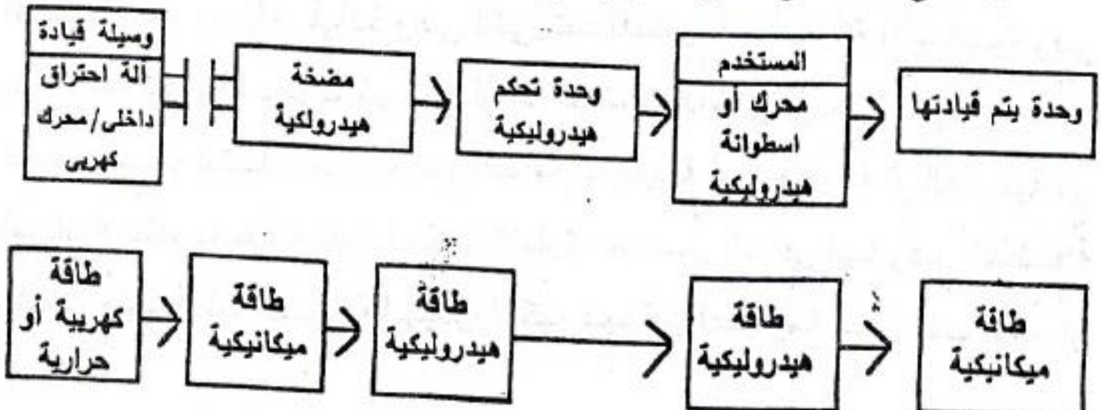
الذى يضخ الدم فى إنحاء الجسم وكما هو واضح من أسمها فوظيفتها سحب الزيت من الخزان وضخه فى الدائرة دون توقف طالما ظلت فى حالة الدوران وهى بذلك تكون قد حولت الطاقة الميكانيكية المستمدة من وسيلة القيادة إلى طاقة هيدروليكية يمثلها الزيت المتدفق من مخرج المضخة .

ولكى يتم الاستفادة من هذه الطاقة لابد من التحكم فيها عن طريق **صمامات التحكم الهيدروليكى** ، فوظيفة هذه الصمامات التحكم فى اتجاه وضغط وتدفق الزيت المندفع من المضخة لكى يتم دورته فى الاتجاه المطلوب وبالضغط المناسب للحمل تماما وفى الحدود التى لا تسبب انفجاراً أو كسراً فى أى جزء من الأجزاء وأيضا بالسرعة المطلوبة بالضبط.

يصل الزيت بعد ما تم التحكم فى عناصره الثلاثة **التدفق والضغط والاتجاه إلى المستخدم أو المشغل** وهو إما اسطوانة هيدروليكية تعطى حركة طولية أو محرك هيدروليكى يعطى حركة دورانية وفى هذا المشغل يتم تحويل الطاقة الهيدروليكية التى هى زيت له ضغط وكمية تدفق إلى طاقة ميكانيكية عبارة عن حركة طولية لها قوة وسرعة محددتين وبذلك نكون قد حصلنا على طاقة ميكانيكية من الناحية الأخرى للمنظومة ، فنحن قد بدأنا بطاقة ميكانيكية من المحرك ثم انتهينا إلى طاقة ميكانيكية عند المشغل فى الطرف الآخر للمنظومة .

والشكل التالى يوضح خطوات وأشكال الطاقة فى الدائرة الهيدروليكية .

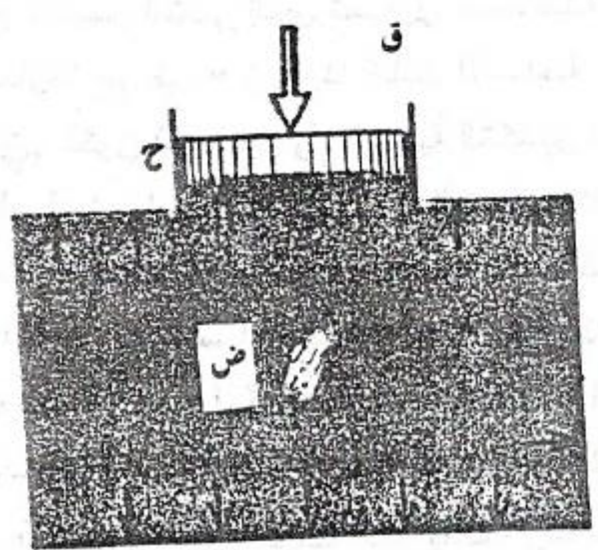
أشكال الطاقة وأماكن تحولها فى الدائرة الهيدروليكية



وهنا يبرز السؤال التلقائى لماذا نستخدم الدوائر الهيدروليكية؟ طالما أننا نحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية ثم نعود ونحولها إلى طاقة ميكانيكية مرة أخرى. فكما ذكرنا سابقا فى ميزات النظم الهيدرولكية أنها تتيح لنا إمكانية التحكم فى القوى وفى اتجاه الحركة وفى سرعة الأجزاء المتحركة. وكذا الحماية ضد الأحمال الزائدة فهى وسيلة دقيقة ذات كفاءة عالية لتحويل الطاقة إلى الصورة التى تتيح لنا فرصة التحكم الكامل فى المتغيرات بحيث نحصل على القوى والسرعات المطلوبة وفى الاتجاه المطلوب بالضبط ثم نحول هذه الطاقة إلى طاقة ميكانيكية متحكم فيها عن طريق المشغل (الاسطوانة الهيدروليكية. أو المحرك الهيدروليكى).

٩ - ٥ تكبير القوة بالطرق الهيدروليكية :

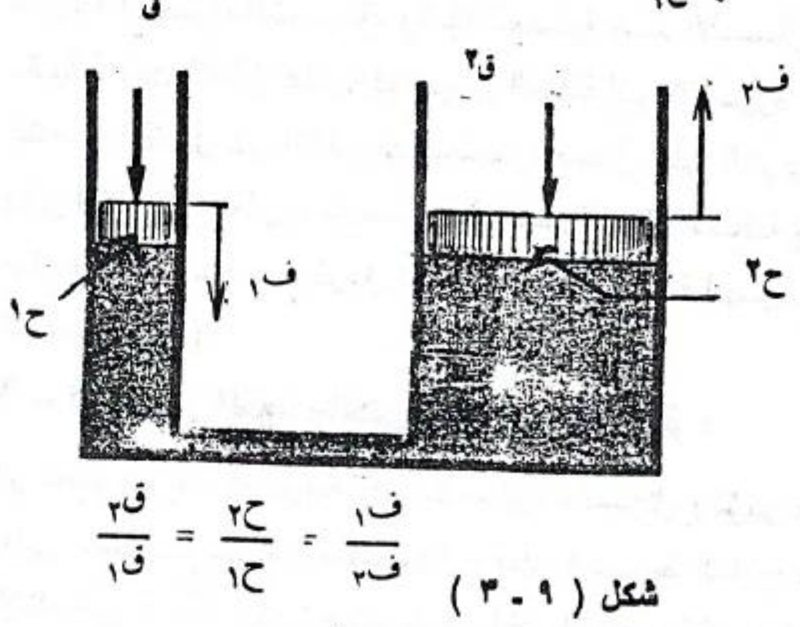
لو تصورنا إناء له فوهة واحدة مملوء بالسائل وتؤثر عليه قوة خارجية ق على مساحة مكبس مقدارها ح فإن الضغط الناتج عن هذه القوة داخل الإناء ض = $\frac{ق}{ح}$ يكون متساويا داخل الإناء ويؤثر بنفس القيمة على كل جوانب الإناء من الداخل بما فيها السطح السفلى للمكبس أيضا وذلك حسب قانون بسكال مع إهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية لأننا فى الدوائر الهيدروليكية نتعامل مع ضغوط مرتفعة يمكن معها إهمال قيمة الضغط الهيدروستاتيكى .



شكل (٩ ـ ٢)
تأثير الضغط بطريقة متساوية
على كل جوانب الإناء المغلق

وقد أمكن الاستفادة من هذا المبدأ فى الحصول على قوة كبيرة باستخدام قوة صغيرة والشكل التالى يوضح هذه الفكرة العملية التى تستخدم على نطاق واسع فى الحياة العملية .

فإذا افترضنا وجود إناء مغلق له فتحتان الأولى صغيرة مساحتها ح١ والثانية أكبر ومساحتها ح٢.



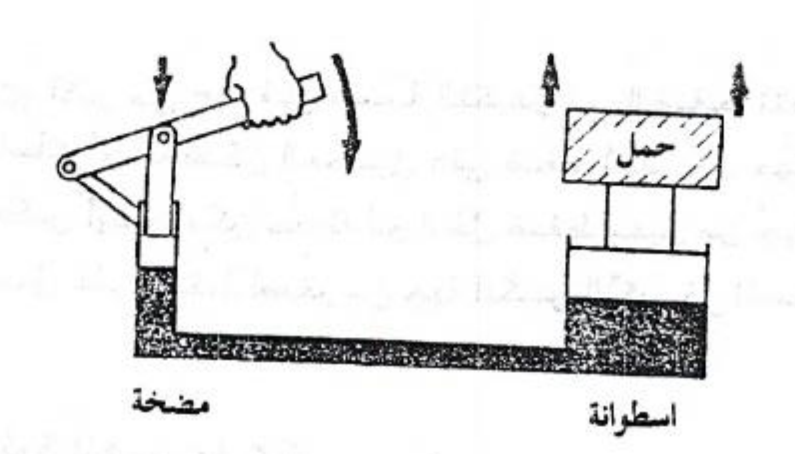
ف١ / ف٢ = ح٢ / ح١ = ق٢ / ق١

شكل (٩ - ٣)

تكبير القوة بالطريقة الهيدروليكية

فإذا أثرنا على المساحة الأولى ح١ بقوة صغيرة مقدارها ق١ فإن الضغط الناشئ عنها داخل الإناء ض ق١/ح١ . وحسب قانون بسكال يصبح هذا الضغط متساويا فى كل أجزاء الإناء ومن ثم تكون نفس قيمة الضغط ض مؤثرة على سطح المكبس الثانى الذى تساوى مساحته ح٢ ، وبذلك نحصل على قوة مقدارها ح٢ ض = ق٢ ولما كانت المساحة ح٢ أكبر من المساحة ح١ فإن القوة ق٢ تكون أكبر من ق١ ونسبة التكبير تكون مساوية لنسبة المساحة ح٢/ح١ أى أن تساوى الضغط داخل الإناء قد أتاح لنا إمكانية الحصول على قوة مكبرة من ناحية المكبس ذو المساحة الأكبر باستخدام قوة صغيرة ناحية المكبس ذى المساحة الصغيرة . ونرى ذلك عمليا فى رافعة السيارة «الكوريك الهيدروليكى» حيث نستخدم القوة العضلية للذراع وهى قوة محدودة فى التأثير على مكبس ذى مساحة صغيرة لإحداث ضغط يؤثر على مكبس له مساحة أكبر يمكنه رفع سيارة تزن ١ طن أو ٢ طن.

كما تستخدم نفس الطريقة فى رافعة السيارات فى محطات الخدمة.



شكل (٩ - ٤)
استخدام قوة صغيرة للحصول
على قوة مكبرة

٩ ـ ٦ تكبير الضغط :

باستخدام كباسين مختلفين فى المساحة وموصل بينهما بذراع ثابت كما هو موضح بالشكل (٩ ـ ٥).

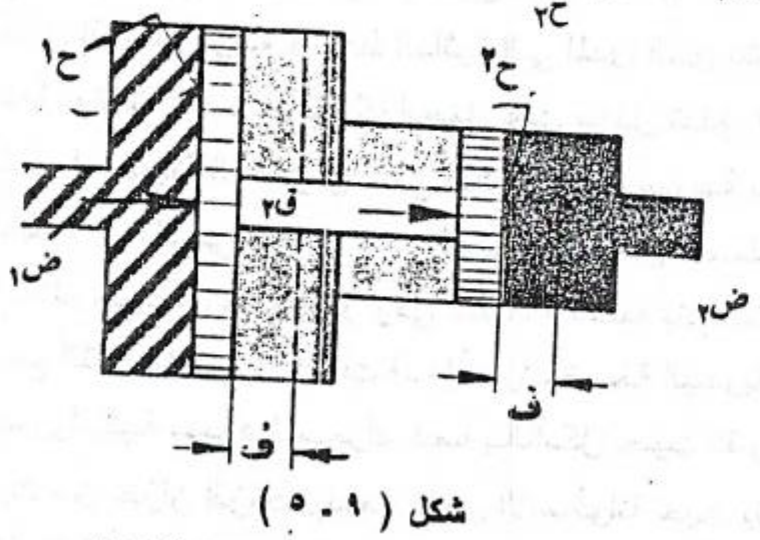
فإذا أثر على الكباس الأول $ح_١$ ضغطا مقداره $ض_١$ فإن القوة الناتجة عن هذا الضغط $ق_٢$، وتنتقل هذه القوة بنفس قيمتها إلى الكباس الثانى $ح_٢$ وينتج عنها ضغطا $\frac{ق}{ح_٢} = ض_٢$.

ولأن القوة $ق_٢$ المنقولة بالذراع الثابت قيمتها ثابتة فى هذه الحالة

فإن القيم $ق_٢ = ح_٢ \, ض_٢ = ح_١ \, ض_١$

أى أن $\frac{ح_١}{ح_٢} = \frac{ض_٢}{ض_١}$

$ض_٢ = ض_١ \frac{ح_١}{ح_٢}$

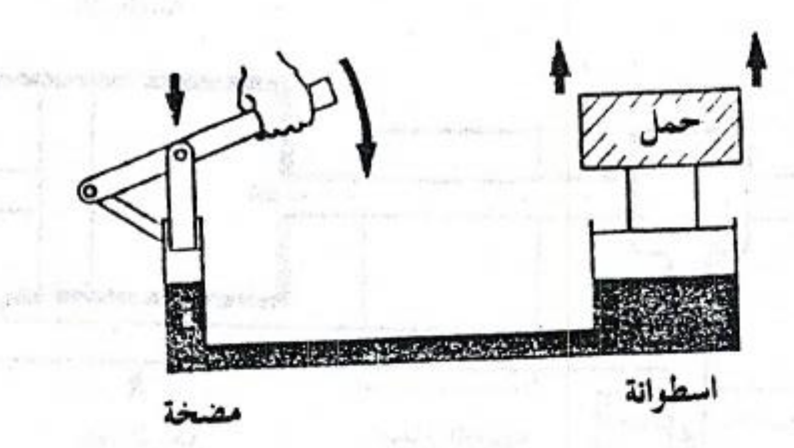


شكل (٩ - ٥)
استخدام فارق المساحات لتكبير الضغط

ولأن $ح_1$ أكبر من $ح_2$ فإن نسبة التكبير فى الضغط تتناسب مع نسبة المساحات أى أنه أمكن الحصول على ضغط أعلى من جهة المكبس الأصغر والعكس أيضا يمكن حدوثه لو أدخل ضغط معين من جهة المبكس الأصغر نحصل على ضغط أصغر من جهة المكبس الأكبر فى المساحة .

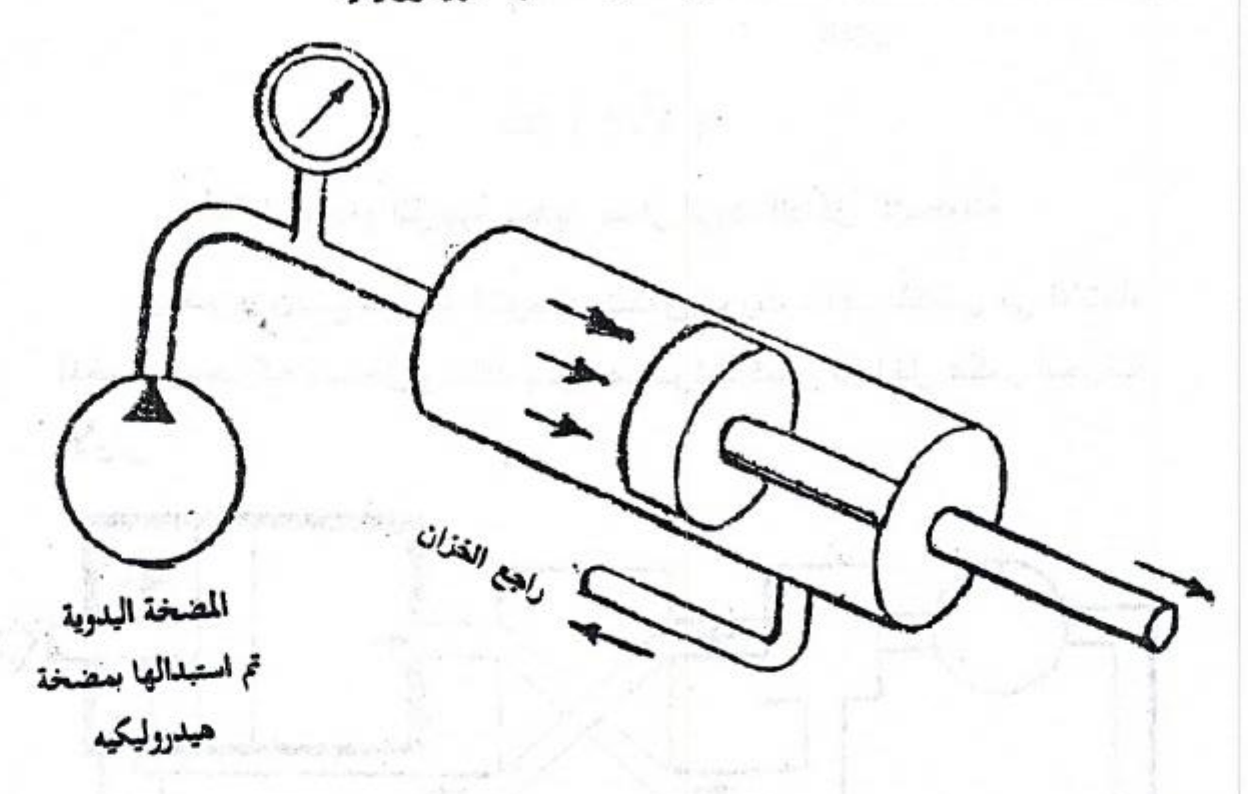
٩ - ٧ الدائرة الهيدروليكية :

الشكل التالى يوضح التكوين الأساسى وفكرة عمل الدائرة الهيدروليكية . حيث تتمثل فيها فكرة عمل رافعة السيارات البسيطة ففى الناحية اليسرى كباس تؤثر عليه بقوة اليد وبقسمة قيمة هذه القوة على مساحة مقطع الكباس ينتج الضغط الموثر على كل السائل المتصل بالاسطوانة الأخرى الموجودة فى الجانب الأيمن والتى تمثل اسطوانة الحمل وبزيادة القوة المؤثرة على الكباس يزيد الضغط وبالاستمرار فى زيادة القوة فى الناحية اليسرى «ناحية المضخة» يرتفع الضغط حتى يصل إلى قيمة تمكنه من التغلب على قوى المقاومة فى الاسطوانة والتى تتمثل فى الحمل الواقع عليها ، عندئذ يمكن تحريك الحمل ورفعه لأعلى فإذا ظل الحمل الخارجى ثابتا ظل الضغط فى الدائرة ثابتا أيضا ولا يعاود الارتفاع وهكذا نرى أن الضغط فى الدائرة يرتفع إلى القيمة التى تمكنه من التغلب على المقاومة التى تعوق الحركة ولا يتعدى هذه القيمة . ويمكن بالتالى تحريك الحمل إذا أمكن رفع ضغط الدائرة إلى المدى الذى تنتج عنه قوة مساوية للحمل وتعتمد سرعة حركة الحمل على معدل تدفق السائل الذى يتم دفعة داخل اسطوانة الحمل ومعنى ذلك أن زيادة سرعة نزول كباس المضخة يقابلها ازدياد فى معدل تدفق السائل الداخل لاسطوانة الحمل وتزداد تبعا لذلك سرعة رفع الحمل وفى الحياة العملية يتم استخدام مثل هذه الدائرة مع التعديل فى المكونات فبدلاً من المضخة اليدوية تستخدم مضخة هيدروليكية يديرها محرك كما بالشكل حيث تقوم المضخة بسحب الزيت من خزان الزيت ودفعه داخل الاسطوانة حيث يتولد ظغطا مناسبا للمقاومة لحركتها فيتحرك مكبس الاسطوانة.



شكل (٩ ـ ٦)

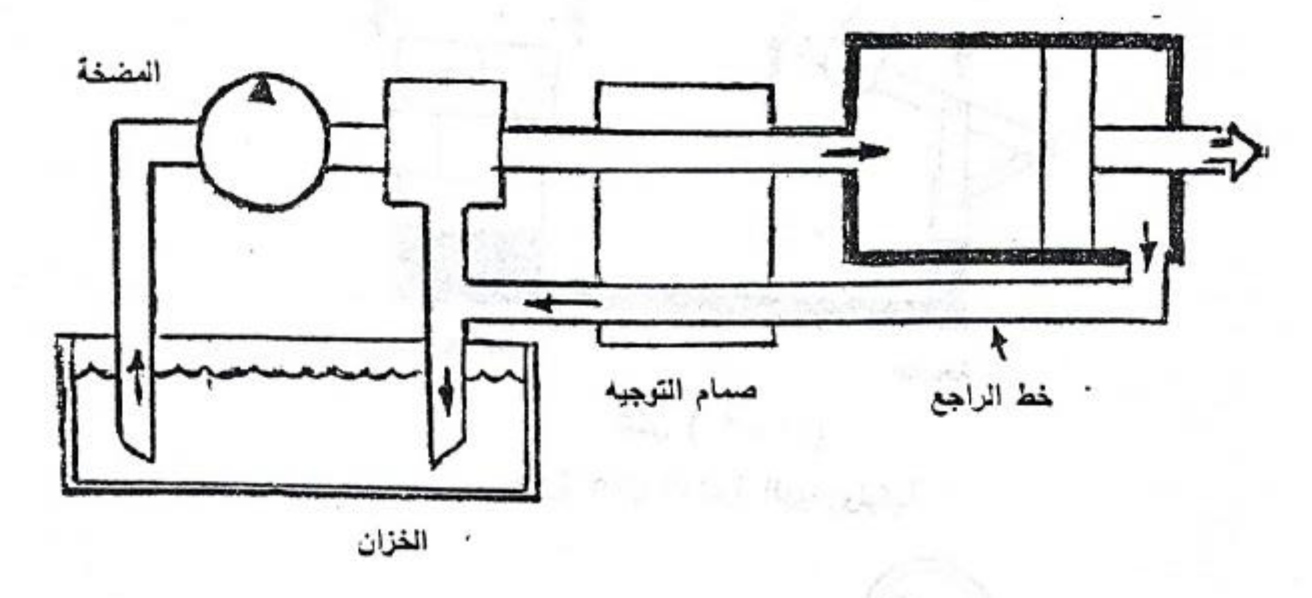
فكرة عمل الدائرة الهيدروليكية



شكل (٩ ـ ٧)

« المضخة اليدوية تم استبدالها بمضخة هيدروليكية »

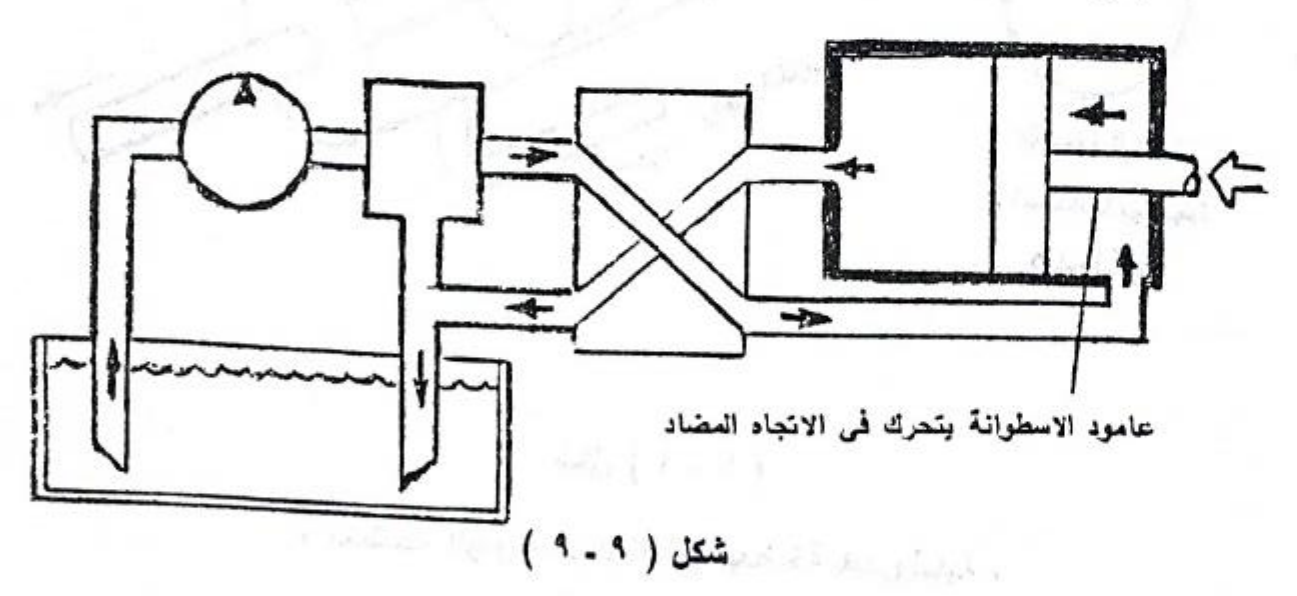
كما يتم إدخال عناصر التحكم التى تتيح لنا التحكم فى اتجاه حركة الأسطوانة فبإدخال صمام التوجيه يجعل الزيت يتدفق فى اتجاه المكبس وبذلك ينفرد عامود الاسطوانة خارجا . كما فى (شكل ٩ ـ ٨)



شكل (٩ - ٨)

إدخال صمام للتوجيه لتعديل مسار الزيت الداخل للاسطوانة

يتغيير وضع صمام التوجيه بتدفق الزيت خلف المكبس فى الاتجاه المضاد ويحركه للداخل وبذلك يعود عامود المكبس للداخل عكس الحركة الأولى



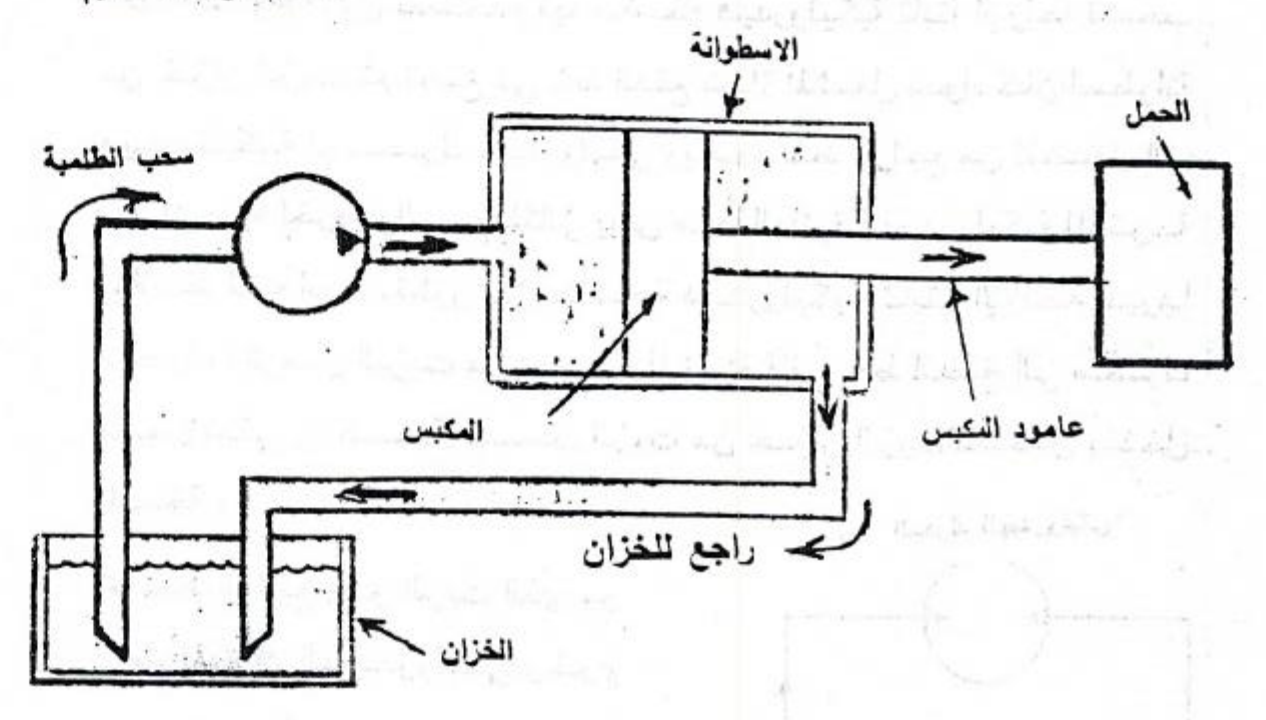
شكل (٩ - ٩)

صمام التوجيه يعكس مسار الزيت الداخل للإسطوانة وتنعكس حركة المكبس

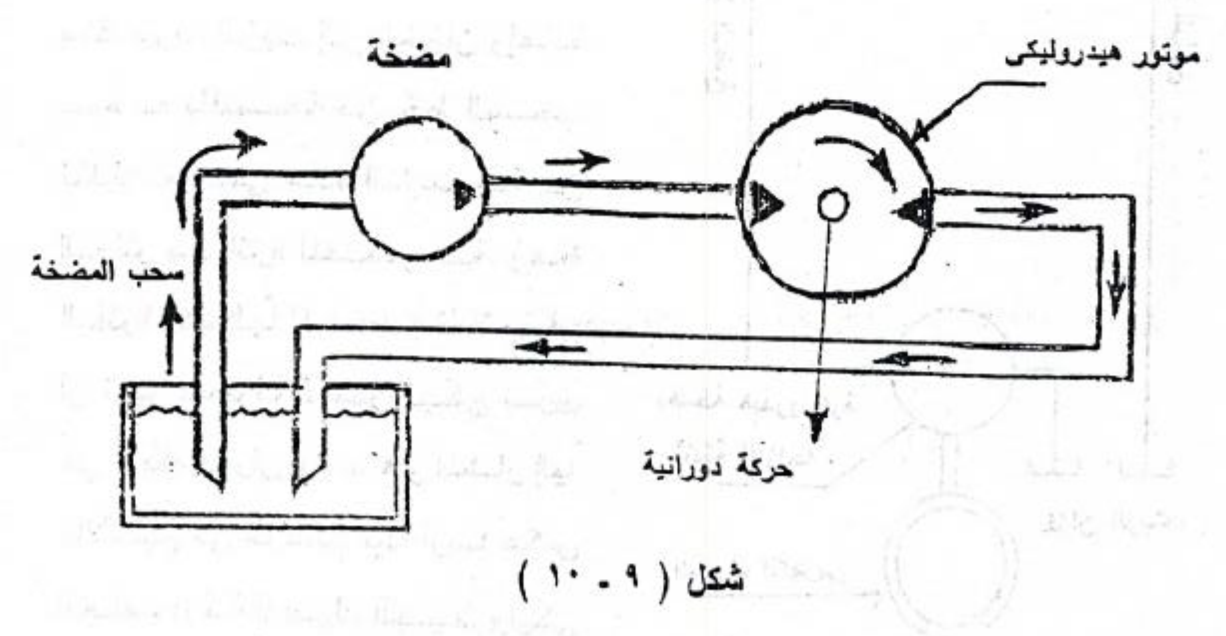
وقد يكون التشغيل فى حركة خطية باستخدام اسطوانة هيدروليكية حيث تسحب المضخة الزيت من الخزان وتدفعه للإسطوانة ويعود الزيت من ناحية عمود الكباس إلى الخزان .

أو يكون فى حركة دورانية باستخدام محرك هيدروليكى حيث يتم ضخ الزيت من المضخة إلى المحرك الهيدروليكى فيدور فى الاتجاه المطلوب.

التشغيل فى خط مستقيم



التشغيل لحركة دائرية



شكل (٩ - ١٠)

الحركة الناتجة من النظام الهيدروليكى إما أن تكون حركة خطية أو دورانية

٩ ـ ٨ أنواع الدوائر الهيدروليكية :

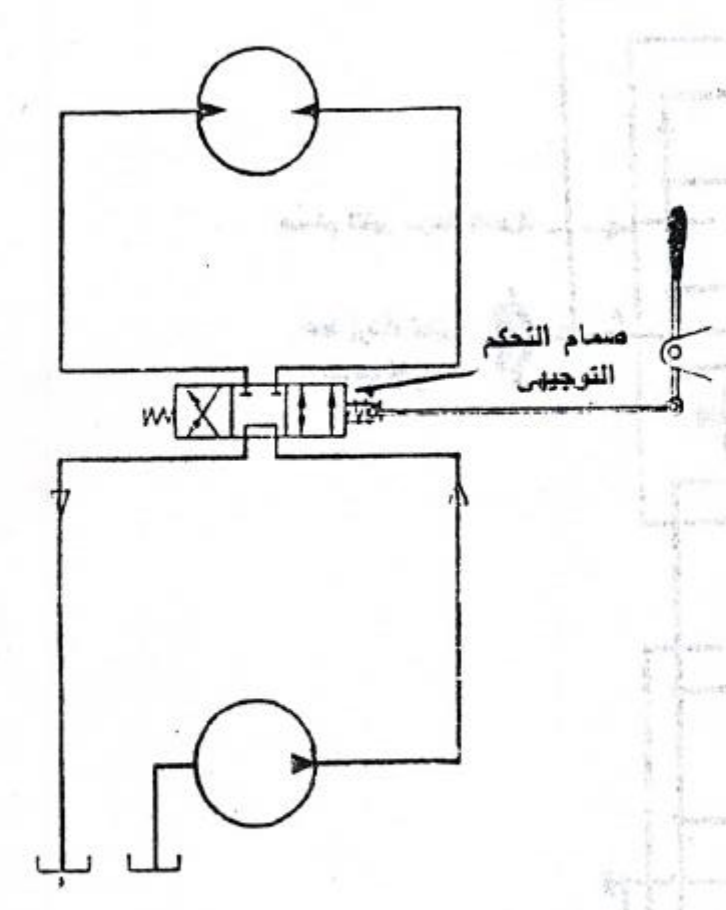
الدائرة الهيدروليكية البسيطة نوعان هما الدورة المفتوحة والدورة المغلقة فالنوع الأول تستخدم فيه مضخة هيدروليكية ثابتة الإزاحة تسحب من خزان الزيت ثم تضخ فى خط الدفع تجاة المشغل سواء كان اسطوانة هيدروليكية أم محرك هيدروليكي ويعود خط الراجع من المشغل إلى الخزان مرة أخرى والرسم التالى يبين مبدأ الدائرة الهيدروليكية المفتوحة ونلاحظ فيه أنها تتكون من مضخة هيدروليكية ثابتة الإزاحة يديرها محرك وتوصل الزيت من مخرج المضخة فى خط الضخ إلى محرك هيدروليكى والمضخة تسحب الزيت من خزان الزيت المتصل بمدخل المضخة .

أما خط الراجع وهو الزيت الذى مر داخل المحرك الهيدروليكى وخرج من مخرج المحرك فيعود للخزان مرة أخرى. وهكذا نرى أن هذه الدائرة مفتوحة فى أحد مراحلها منذ عودة الزيت إلى الخزان وإعادة سحبه بالمضخة من خط السحب لذلك تسمى هذه النوعية من الدوائر بالدائرة المفتوحة. وهذه الدائرة بشكلها المبسط هذا لا يمكن أن تدير المحرك الهيدروليكى سوى فى اتجاه دوران واحد هو المشار إليه بالأسهم فى الرسم فإذا أردنا عكس اتجاه حركة المحرك الهيدروليكى فلابد من إدخال صمام تحكم

شكل (٩ ـ ١١)
دائرة هيدروليكية بسيطة

توجيهى ليوجه الزيت المتدفق فى خط الضخ القادم من المضخة إلى أحد فتحتى دخول الزيت للمحرك الهيدروليكى ويوجه أيضا الزيت الراجع من المحرك الهيدروليكى إلى خزان الزيت مرة أخرى .

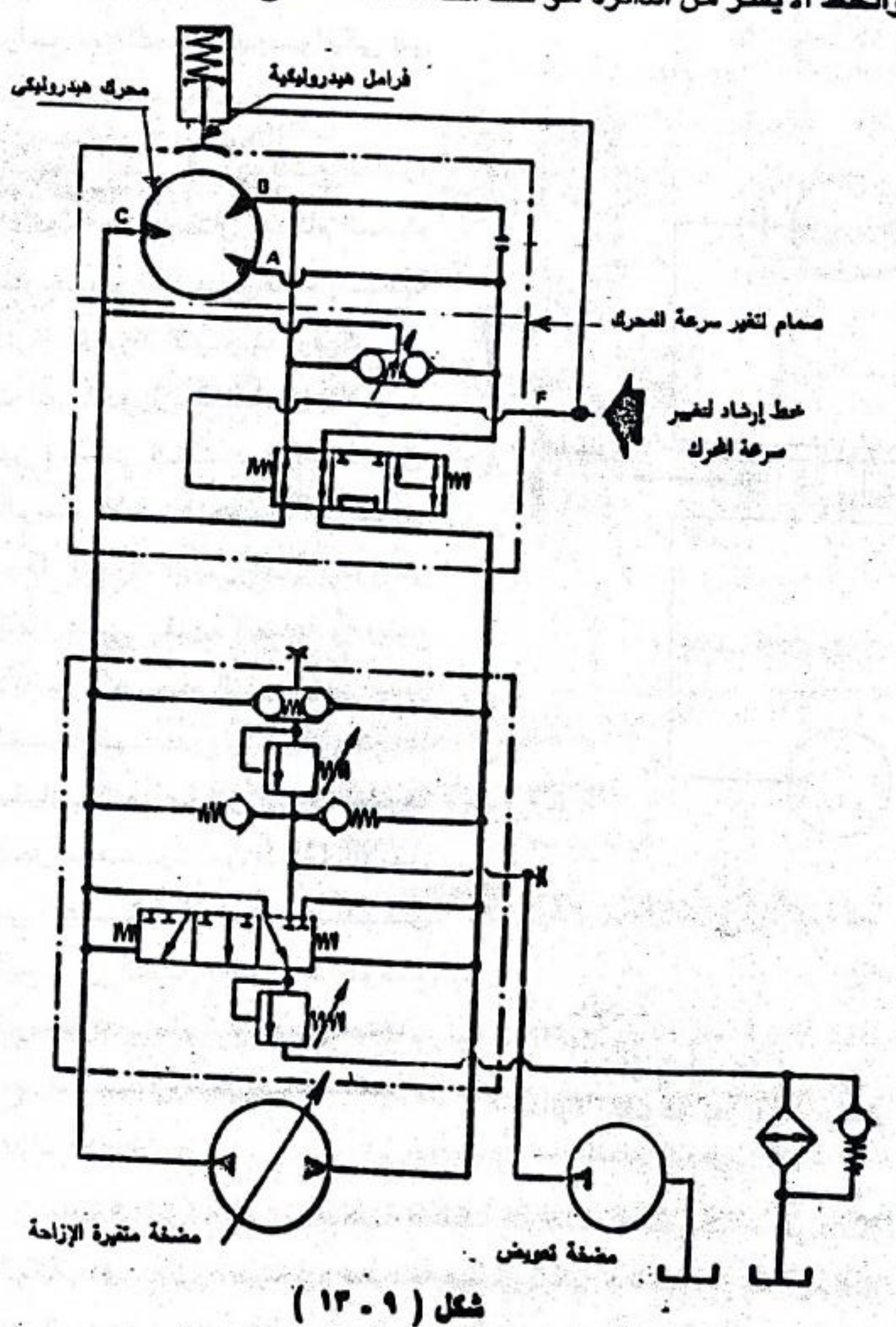
والرسم التالى يوضح الدائرة المفتوحة بعد إدخال صمام التحكم التوجيهى عليها لإعطاء إمكانية إدارة المحرك الهيدروليكى فى اتجاهى الدوران المتضادين بالاختيار بين وضعى التشغيل المطلوبين، فالوضع الأيمن للصمام التوجيهى يجعل المحرك الهيدروليكى يدور فى اتجاه عكس عقارب الساعة والوضع الأيسر للصمام التوجيهى يدير المحرك الهيدروليكى فى اتجاة عقارب الساعة لأن الزيت سوف يدخل للمحرك من المدخل الأيمن فى الحالة الأولى ومن المدخل الأيسر فى الحالة الثانية . أما الوضع الأوسط للصمام التوجيهى فيوقف المحرك الهيدروليكى مع استمرار دوران المضخة .



شكل (٩ ـ ١٢)
الدائرة المفتوحة بعد إدخال صمام التحكم التوجيهى فيها

أما الدائرة الهيدروليكية المغلقة الموضحه بالرسم التالى شكل (٩ـ١٣) فهى التى تستخدم مضخة هيدروليكية متغيرة الإزاحة يمكنها ضخ الزيت من الناحيتين وبكميات متغيرة .

نلاحظ فى هذه الدائرة أن فتحتى المضخة متصلتان بمدخل ومخرج المحرك الهيدروليكى . ولأن المضخة تبادل المخرج والمدخل فإنها إن ضخت من الناحية اليمنى أصبح الخط الأيمن من الدائرة هو خط الضغط المرتفع والخط الأيسر من الدائرة هو خط الضغط المنخفض .



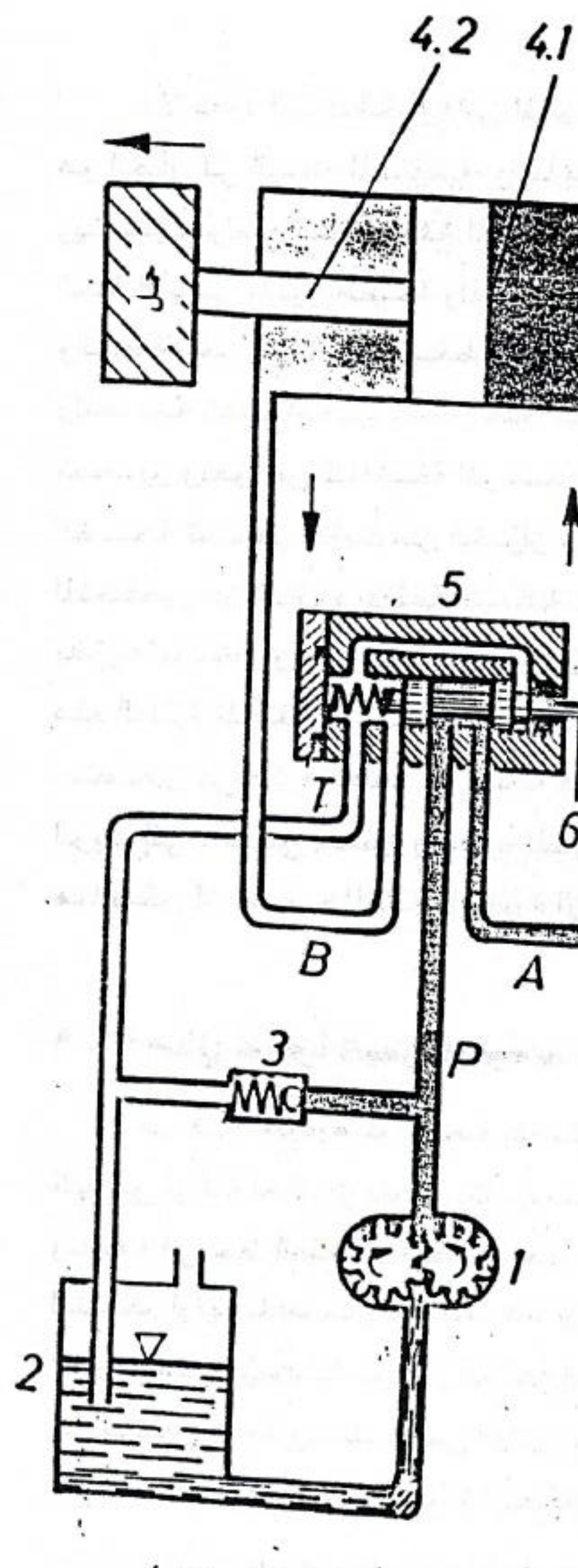
شكل (٩ ـ ١٣)

مثال لدائرة هيدروليكية مغلقة

ولا يعود الزيت الخارج من المحرك الهيدروليكى هنا إلى الخزان كما هو الحال فى الدوائر المفتوحة، وإنما يعود هذا الزيت إلى مدخل المضخة وينعكس الوضع عندما تضخ المضخة من الناحية اليسرى حيث يصبح الخط الأيسر ما بين المضخة والمحرك الهيدروليكى هو خط الضغط المرتفع والخط الأيمن هو خط الضغط المنخفض ما بين المحرك الهيدروليكى والمضخة وعادة ما تزود مثل هذه النوعية من الدوائر المغلقة بمضخة تحضير وتعويض كالمضخة الموضحة فى الجزء الأيمن من الدائرة، فهذه المضخة تسحب الزيت من الخزان وتضخه فى الناحية ذات الضغط المنخفض من الدائرة المغلقة لتحافظ على امتلاء خطوط الدائرة المغلقة بالزيت باستمرار وتعويض فاقد التسربات من عناصر الدائرة. نلاحظ فى هذه الدائرة المغلقة أن مدخلى المضخة ومدخلى المحرك الهيدروليكى متصلان فى دائرة مغلقة ولا حاجة هنا لصمام تحكم توجيهى لتوجيه الزيت إلى ناحيتى مدخل ومخرج المحرك الهيدروليكى لأن عكس الاتجاه هنا يمكن أن تقوم به المضخة المتغيرة الإزاحة .

٩ ـ ٩ مثال لدائرة هيدروليكية مفتوحة :

فى هذه الدائرة الموضحة بالشكل يتم إدارة المضخة إما بمحرك كهربى أو آلة احتراق داخلى، تقوم المضخة بسحب الزيت من الخزان وتدفعه فى خط الدفع أ ونلاحظ أن خط الدفع هذا قد تم تزويده بصمامين للتحكم أولهما صمام حد الضغط أو «الريليف» رقم ٣ ووظيفته فتح الطريق أمام الزيت المتدفق من المضخة إلى الخزان مرة أخرى إذا زاد ضغطه عن قيمة محددة وبذلك نحمى الدائرة من زيادة الضغط عن الحد المأمون ثانى هذه الصمامات هو صمام التحكم التوجيهى رقم ٤ فى الشكل وهو صمام بداخله عدد من الغرف والتجاويف وله فتحات خارجية عددها ٤ فى هذا النموذج من الصمامات ولكنها قد تكون ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٥ فتحات فى أنواع أخرى .



١- المضخة الهيدروليكية
٢- خزان الزيت
٣- صمام حد الضغط «الريليف»
٤- ١ المكبس
٤- ٢ عامود المكبس
٥- صمام التحكم التوجيهى
٦- زلاق صمام التحكم التوجيهى

شكل (٩ - ١٤)

مثال لدائرة هيدروليكية مفتوحة

فى الشكل نجد الفتحة (A) موصلة بالاسطوانة بالغرفة المؤثرة على سطح المكبس أما الفتحة (B) فتتصل بالغرفة المؤثرة على الوجه المقابل للمكبس (ناحية العمود)، وتتصل الفتحة (P) بالمضخة الهيدروليكية وتتصل الفتحة (T) بالخزان ومع استمرار دوران المضخة تدفع الزيت تجاه الفتحة P حيث يسمح وضع صمام التحكم فى سريان الزيت إما للفتحة (A) أو الفتحة (B) وفى الرسم هنا نجد أن وضع الزلاق قد تم تحريكه ليسمح للزيت بالتدفق تجاه الغرفة اليمنى بالاسطوانة (ناحية المكبس) ويستمر تدفق الزيت فى هذا الاتجاه طالما لا توجد مقاومة أمامه، وعند وجود حمل كالموضح بالرسم تحدث مقاومة فى الحركة ويبدأ الضغط فى الارتفاع حتى يصل للقيمة التى تمكنه من إحداث قوة تفوق مقاومة الحمل وبالتالى بتحرك المكبس والحمل ويعود الزيت الموجود ناحية العمود من خط الراجع (B) عن طريق صمام التحكم إلى الفتحة (T) ومن ثم يعود إلى الخزان .

وحين يصل المكبس إلى نهاية مشواره جهة اليسار فإن المكبس يمتنع عن الحركة لتلامسة مع نهاية الاسطوانة وبذلك لا يجد الزيت المستمر فى التدفق من المضخة أى فراغ ليملأه فيعاود الضغط الارتفاع فى الخط (P) والخط (A) وهنا يبدأ صمام حد الضغط فى العمل حيث يحمى أجزاء ومكونات الدائرة من هذا الضغط غير المرغوب حتى لا يحدث انهيار فى أى من مكونات الدائرة وبذلك يفتح صمام حد الضغط رقم (٣) فى الرسم الطريق للزيت ليعود إلى الخزان بدلا من استمرار تدفقه فى الاتجاه (A) الذى أصبح مسدودا بوصول المكبس لنهاية مشواره داخل الاسطوانة.

ولإحداث الحركة العكسية يتم بتحريك زلاق صمام التحكم الترجيهى فى الاتجاه المضاد لحركته الأولى فى هذه الحالة سوف يتصل خط المضخة (P) بخط الخدمة (B) الواصل إلى الغرفة اليسرى للاسطوانة (ناحية عمود المكبس) وبذلك يؤثر ضغط الزيت المتدفق على وجه المكبس الآخر (ناحية العمود) ويحدث نفس التأثير حيث يتم ازدياد الضغط حتى الوصول القيمة يمكن التغلب عندها على المقاومة ويتحرك المكبس فى الاتجاه المضاد، وبالمثل ايضا عند وصول المكبس لنهاية مشواره يفتح

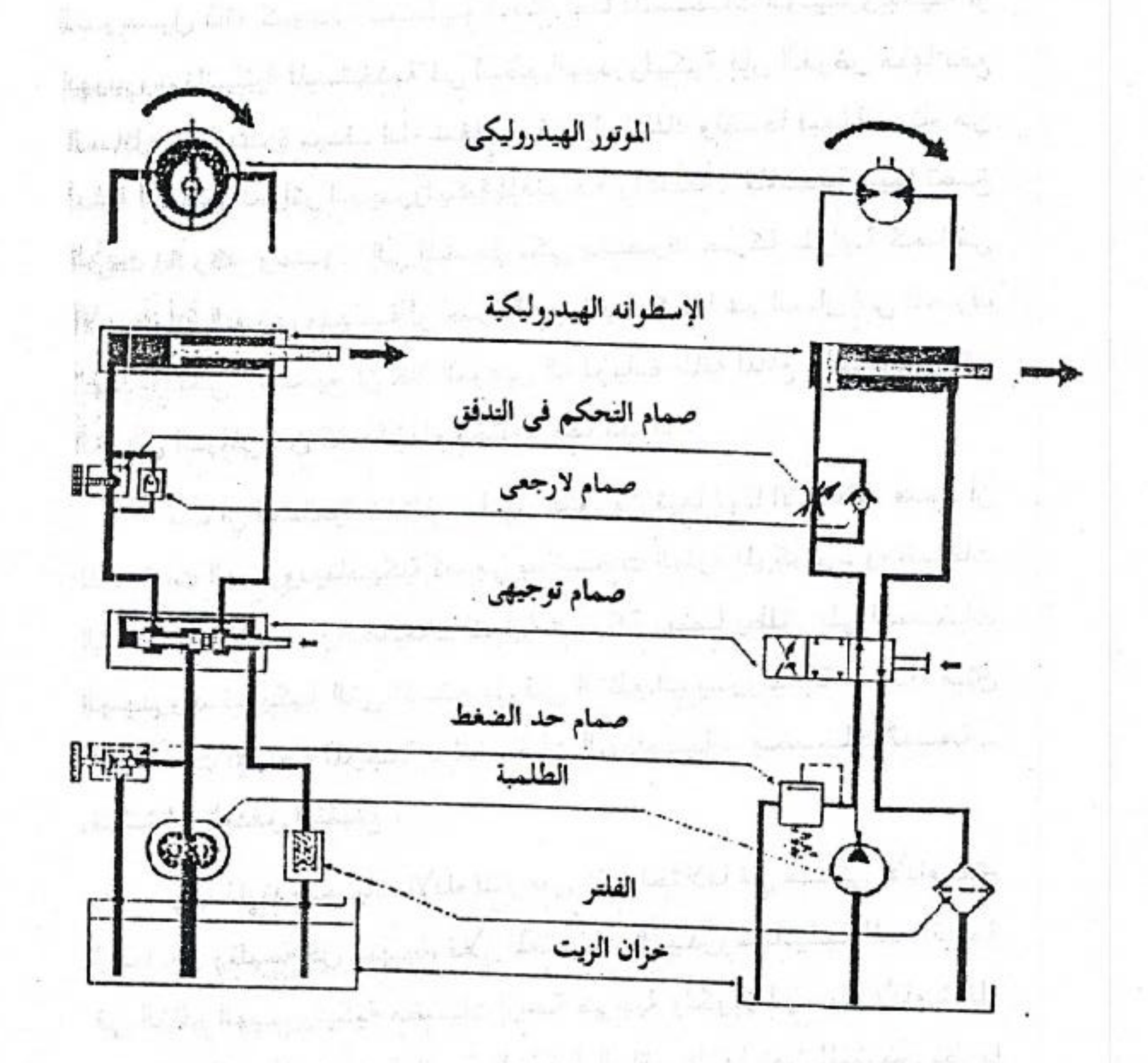
٩ ـ ١٠ المضخات الهيدروليكية :

تختلف المضخة فى النظام الهيدروليكى عن المضخات الديناميكية فى الوظيفة الأساسية لعمل كل منهما، فالمضخة الهيدروليكية تدفع السائل بغرض رفعه من مستوى لآخر أو لتوصيله من مكان لمكان بغرض التوصيل ذاته كهدف لعملية الضخ أما المضخات الهيدروليكية أو الهيدروستاتيكية المستخدمة فى النظم الهيدروليكية فإن الغرض منها دفع السائل فى الدائرة بهدف أداء شغل ، وقد رأينا ذلك واضحا فيما أوردناه من أمثلة لبعض الدوائر الهيدروليكية المفترحة والمغلقة ، فالمضحة فيها تضخ الزيت بغرض وصوله إلى المشغل لكى يتحرك حركة طولية كما فى الاسطوانة الهيدروليكية أو حركة دورانية كما هو الحال فى المحرك الهيدروليكى . صحيح أن كلا النوعين آلة لزيادة طاقة المائع (السائل) ولكن الغرض النهائى من الاستخدام يختلف كما ذكرنا .

كما أن التسمية تختلف ما بين النوعين تبعا لهذا الاختلاف فنجد أن المضخات الهيدروديناميكية تسمى بمضخات الطرد المركزى ـ ومضخات التدفق المستمر ـ ومضخات كمية الحركة بينما يطلق على المضخات الهيدروستاتيكية التى تستعمل فى النظم الهيدروليكية اسماء مثل مضخات الإزاحة الموجبة ـ المضخات الهندسية ـ مضخات السعة ـ مضخات التدفق المتقطع .

وإذا قارنا منحنيات الأداء للنوعين نجد اختلافا فى منحنى الأداء ناتج أيضا عن وظيفة كل منهما، فلأن المضخات الهيدروستاتيكية المستخدمة فى النظم الهيدروليكية مضخات إزاحة موجبة ولكونها وسيلة لأداء شغل فالواجب الا يتأثر تدفق الطلمبة بالضغط الواقع عليها ومن المفترض نظريا أن يكون التدفق ثابتا مع اختلاف الضغط وسنجده أقرب لذلك فى منحنى الأداء مع اختلاف بسيط هو ميل خط المنحنى ما بين أقل ضغط وأقصى ضغط ميلا خفيفا وسبب هذا الميل هو إزدياد معدل التسرب الداخلى فى

والشكل التالى يوضح نفس الدائرة وكيفية تمثيل كافة أجزائها بالرموز حيث يمثل الجزء الأيسر من الشكل أجزاء الدائرة بشكلها الحقيقى ويمثل الجزء الأيمن نفس الأجزاء معبرا عنها بالرموز الهيدرونيكية التى تعبر عن أداء كل عنصر فيها .



شكل (٩ ـ ١٦)

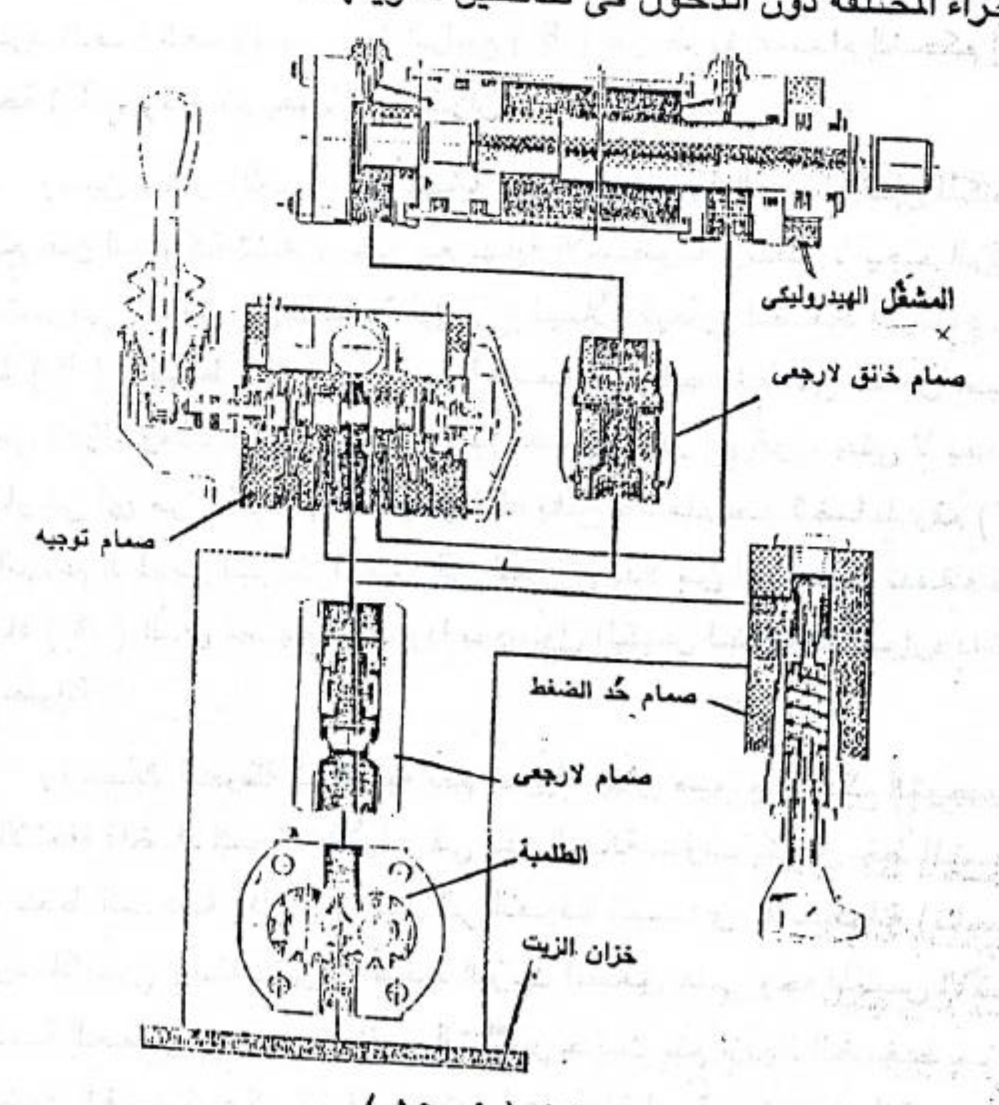
دائرة هيدروليكية ممثلة بالشكل الحقيقى وبالرموز الهيدروليكية

صـمـام حَد الضـغط «الريـليف» ليـمنع ازدياد الضـغط فى الدائرة عن الحـد المطلوب .

نلاحظ فى هذه الدائرة أن مـضـخة الزيت تدفع الزيت فى اتجـاه واحد من فتحة الخروج إلى صمام التحكم التوجيهى وأنها تستمر فى دفع الزيت فى هـذا الاتجاه طالما اسـتمر دورانهـا، أما التـحكم فى اتجاه وضـغط وسـرعة تدفق هذا الزيت فتقوم به صمامات التحكم الموجودة فى الدائرة .

الشكل التـالى يوضح مكونات الدائرة الهيـدروليكية السـابق شرحـها بشكلها الطبيعى الذى نجده فى الـواقع .

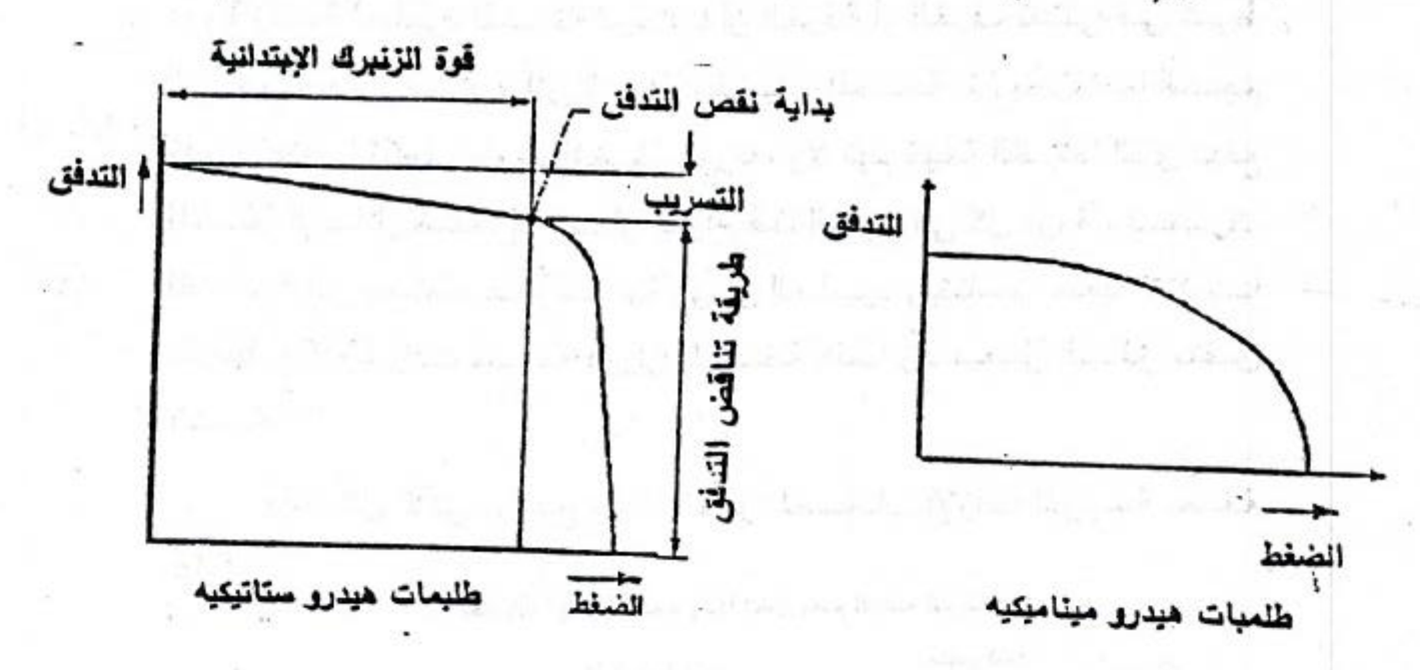
ولكن هذه الدوائر عـادة مـا يتم تمـثيلهـا بالرمـوز التى توضح عـمل الأجزاء المختلفة دون الدخول فى تفاصيل تكوينها .



شكل (٩ - ١٥)

مكونات الدائرة الهيدروليكية البسيطة

المضخة مع إزدياد الضغط. أما المضخات الهيدروديناميكية فنجد أن التناقض الكبير فى كمية التدفق يأخذ شكل منحنى له معدل تناقص سريع لأن هذه المضخات عادة ما تعمل عند ضغوط منخفضة نسبيا. لنظر الشكل (٩ ـ ١٧) .



شكل (٩ ـ ١٧)

مقارنة بين منحنيات الأداء للطلمبات الهيدرودنياميكية والهيدروستاتيكية

وإذا عقدنا مقارنة عامة ما بين المضخات الهيدروستاتيكية والمضخات الهيدروديناميكية يمكن تلخيصها فى النقاط الآتية :

مجال المقارنة	طلمبات هيدروستاتيكية	طلمبات هيدروديناميكية
مستوى الضغوط	ريشية حتى ١٧٥ بار ترسيه حتى ٢٦٠ بار مكبسيه محوريه حتى ٤٠٠ بار مكبسية نصف قطريه حتى ٧٠٠ بار	حتى ٣ بار للمرحلة الواحدة
خرج الطلمبه	ضغط عالي وتدفق منخفض نسبيا	ضغط منخفض نسبيا وتدفق عالي
الإستخدام	الطلمبه الرئيسية فى دوائر التحكم الهيدروليكى	ـ نقل السوائل ـ التبريد ـ الرى ـ الإطفاء

٩ ـ ١١ المضخات الايجابية (مضخات الإزاحة الموجبة) :

تحتوى المضخة فى هذا النوع على غرفة أو أكثر، تمتلئ بالسائل وتفرغ منه دوريا بمعنى أن السائل يدفع دفعا خارج الغرفة ، فإذا تتبعنا دورة واحدة لعامود المضخة لوجدنا أن الغرفة أو الغرف تمتلئ فى شوط السحب بحجم من السائل تحدده مقاييس المضخة، ثم يطرد هذا الحجم نفسه عندما يكمل عامود المضخة دورته، ولا تهم قيمة الضغط الذى تدفع المضخة السائل ضده، إذ لابد أن ينزاح هذا الحجم فى كل دورة ، فتصرف المضخة إذن يعتمد على سرعة دوران العامود ويتناسب معها تناسبا طرديا، وكلما زادت سرعة دوران المضخة كلما زاد معدل التدفق بنفس النسبة .

والشكل الآتى يوضح مبدأ العمل لمضخات الإزاحة الموجبة بصفة عامة .

شكل (٩ ـ ١٨)

فكرة عمل مضخات الإزاحة الموجبة

إذا نظرنا لهذا الشكل المبسط لمضخة الإزاحة الموجبة نجد انها تتكون من خزان على الناحية اليمنى ومكبس الضخ فى الوسط واسطوانة المؤدى فى اليسار .

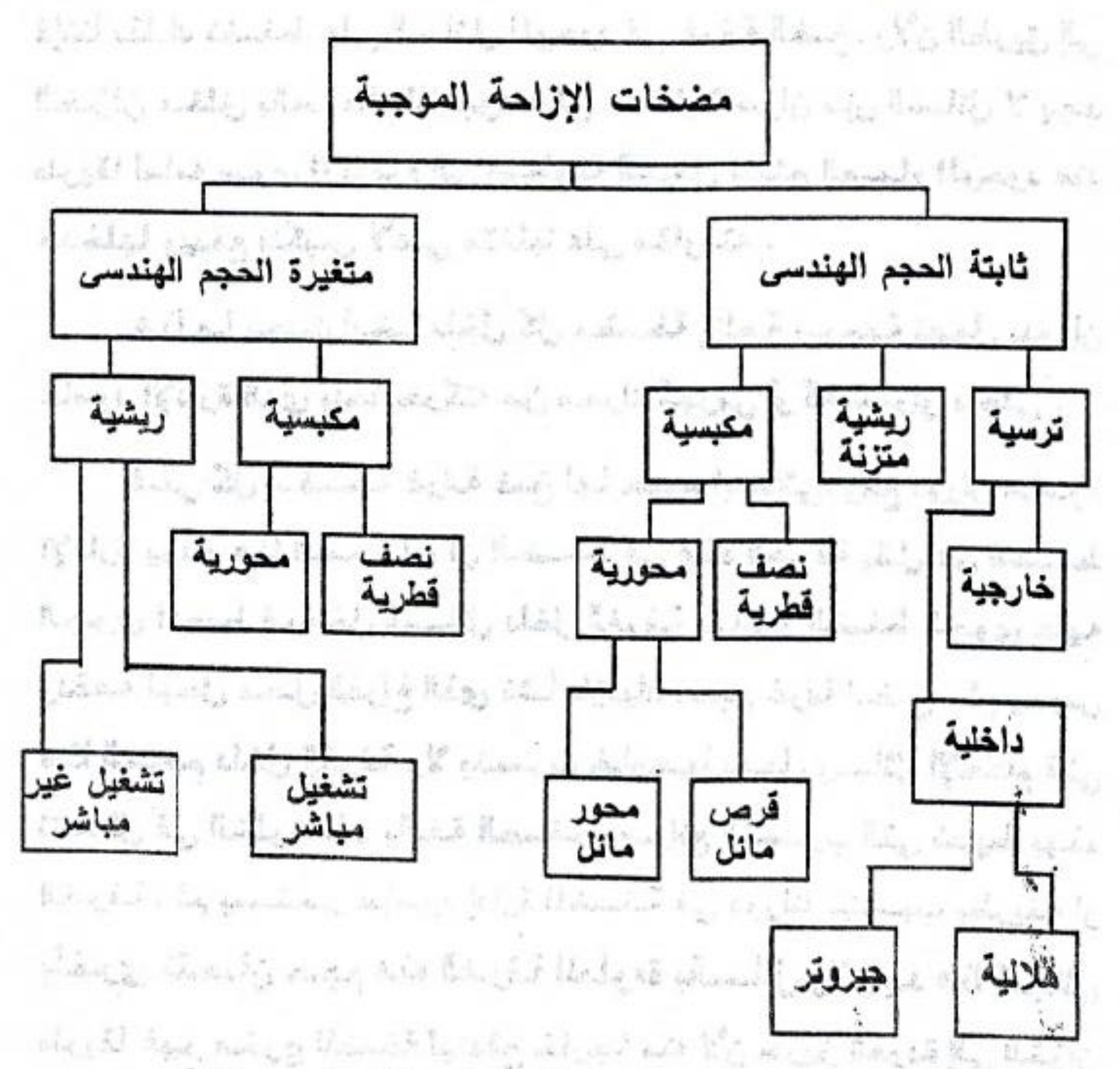
وغرفة السحب والضخ التى ذكرناها هى الفراغ تحت مكبس الضخ، فعند جذب دراع مكبس الضخ لأعلى كما فى الجزء الأيسر من الشكل يزيد الحجم أسفل المكبس وينتج عن ذلك تخلخل ، ولأن هذه الغرفة التى قل الضغط بها متصلة بالخزان فإن الضغط الجوى يضغط على سطح السائل بالخزان ليحل محل الفراغ الذى حدث مع صعود المكبس وبذلك تكون غرفة الضخ قد امتلأت بالسائل ونكون قد أتممنا شوط السحب . وعندما ندفع عامود مكبس الضخ لأسفل كما فى الجزء الأيمن من الشكل فإننا بذلك نضغط على السائل الموجود فى غرفة الضخ، ولأن الطريق إلى الخزان مغلق بالصمام الموجود على مدخل الخزان فإن السائل لا يجد طريقا أمامه سوى الإندفاع إلى اسطوانة الحمل ليفتح الصمام الموجود عند مدخلها ويدفع المكبس لأعلى متغلبا على مقاومته .

هذا ما يحدث ايضا داخل كل مضخة إزاحة موجبة تعمل بدوران عامود الإدارة الذى يأخذ حركته من محرك كهربى أو آلة احتراق داخلى .

ففى كل مضخة غرفة ضخ لها حجم ابتدائى، ومع دوران عامود الإدارة يزداد هذا الحجم اى أن الضغط فى هذه الغرفة يقل عن الضغط الجوى المحيط فيدخل السائل داخل الغرفة بتأثير الضغط الجوى عليه ودفعه ليحل محل الفراغ الذى نشأ بازدياد حجم غرفة الضخ ، ثم يحبس هذا الحجم داخل الغرفة ولا يتسرب خارجها بفعل وسائل الإحكام التى تتمثل فى الخلوصات بالغة الصغر وموانع التسرب التى تحيط بهذه الغرفة، ثم يستمر عامود إدارة المضخة فى دورانه ليسبب بطريقة أو بأخرى نقصان حجم هذه الغرفة المملوءة بالسائل ولا يجد هذا السائل طريقا غير مخرج المضخة ليندفع خارجا منه لأن طريق العودة إلى الخزان

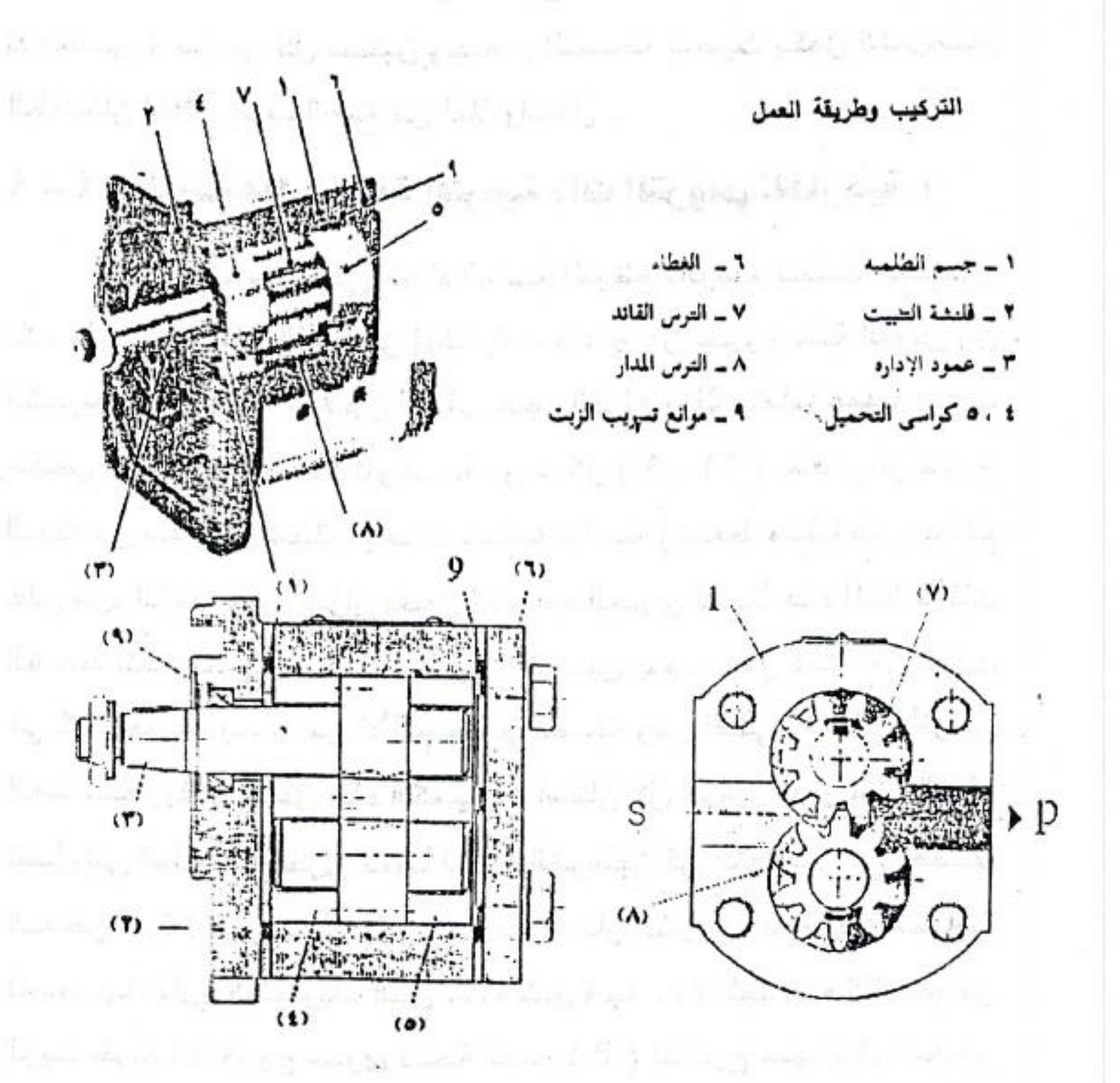
مسدود أمامه بفعل وسائل الإحكام المختلفة ، ومع عودة حجم غرفة الضخ لوضعه الأساسى تكون المضخة قد أخرجت حجما من السائل يساوى حجم غرفة الضخ ، يخرج هذا السائل فى كل مرة يفرغ فيها غرفة الضخ (أو غرف الضخ) إلى حيث يملأ فراغ غرف المشغل (الإسطوانة أو المحرك الهيدروليكى) فإذا قابل مقاومة نتيجة لحمل أو احتكاك فى الأجزاء المتحركة ارتفع الضغط فى خط الضخ ولكن المضخة تستمر فى ضخ السائل رغم هذه المقاومة طالما استمر دورانها ، وبذلك يرتفع الضغط ما بين مخرج المضخة والمشغل حتى يتم التغلب على تلك المقاومة ويتحرك المشغل .

٩ ـ ١٢ أنواع المضخات الهيدروليكية :



شكل (٩ ـ ١٩) مخطط لأنواع المضخات الهيدروليكية

٩ ـ ١٣ المضخة الترسية الخارجية :



شكل (٩ ـ ٢٠)

أجزاء المضخة الترسية ذات التعشيق الخارجى

تتكون المضخة من حجم به تجويف للترسين . ويتصل هذا التجويف بفتحتى الدخول والخروج ، وبداخل الجسم ترسين تعشق اسنانهما من الخارج، ويدور أحد الترسين عن طريق عامود الإدارة ويسمى الترس المدير ، أما الترس الآخر (المدار) فتتم ادارته عن طريق اسنان الترس المدير، والخلوص ما بين الجسم والترسين صغير جد بحيث يحقق

الإحكام للزيت فلا يمر من جانب الضغط المرتفع إلى جانب السحب وهناك قرصان ضاغطان على جانبى الترسين لإحكام غرف الضخ المحصورة ما بين كل سنتين وجسم المضخة بحيث يكمل القرصان الظاغطان اغلاق غرف الضخ من أعلا وأسفل .

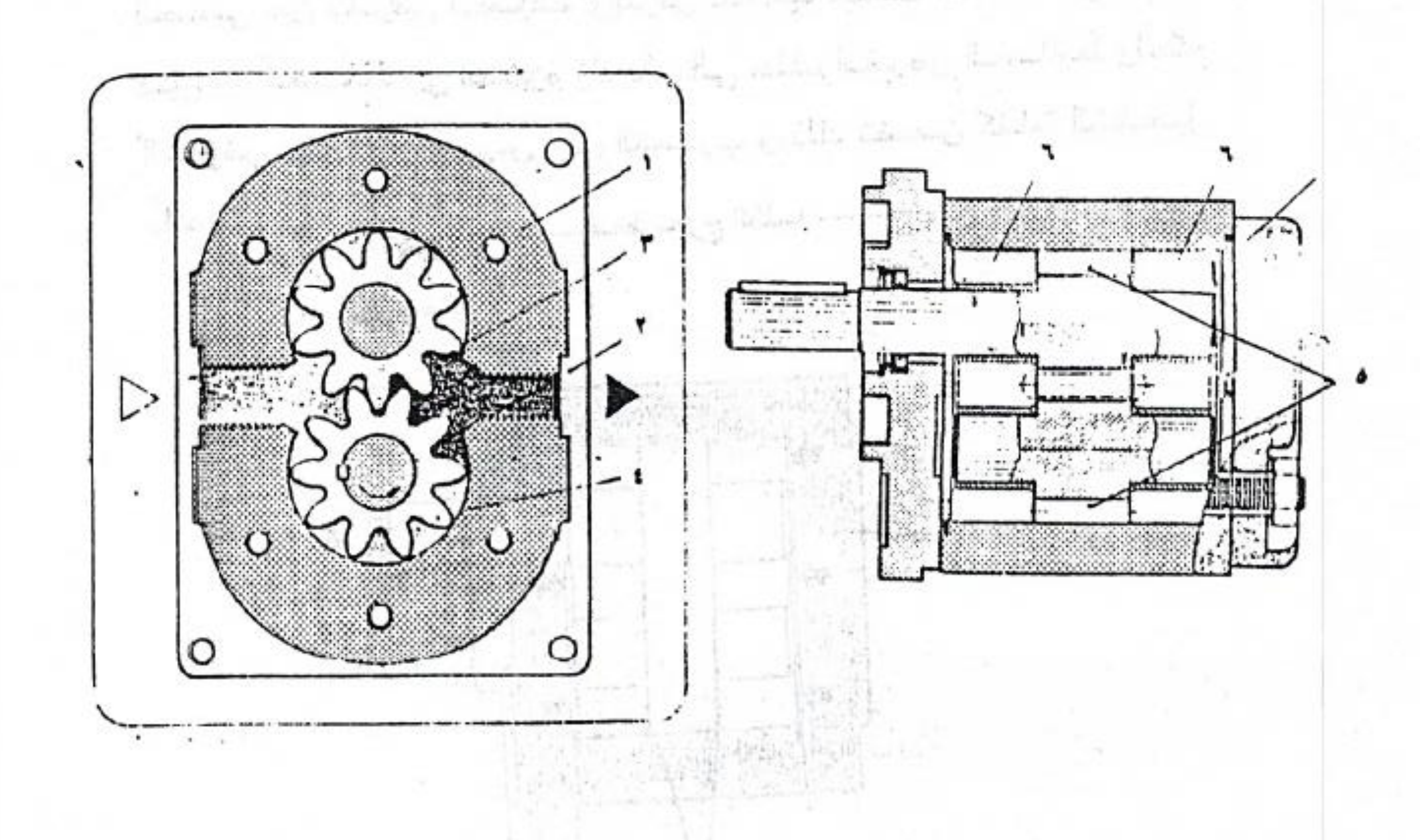
٩ ـ ١٤ طريقة عمل المضخة الترسية ذات التروس الخارجية :

بدوران الترسين فى اتجاه السهم الموضح بالرسم يحدث انفصال للاسنان فى منطقة التعشيق المشترك ، وينتج عن خروج سنّة الترس من التجويف الذى كانت تملأه زيادة فى حجم الفراغ يماثل تماما عملية سحب مكبس الضخ فى المضخة الموضحة فى شكل (٩ ـ ٢١) بمعنى أن خروج السنة من مكان تعشيقها يحدث عملية خلخلة (ضغط منخفض) يندفع على اثره الزيت من الخزان بفعل الضغط الجوى ليملأ هذه المنطقة ذات الضغط المنخفض وباستمرار دوران الترسين يتم حصر كمية من الزيت فى كل تجويف يحده من الأمام جسم المضخة ومن أعلى وأسفل الأقراص الضاغطة وبذلك تنتقل هذه الكمية مع اسنان كل ترس لتدور معه إلى أن تصل إلى الناحية الأخرى فتبدأ اسنان الترسين فى التعشيق مع بعضها البعض مرة أخرى فتطرد كل سنة من اسنان الترس كمية زيت مساوية لحجمها خارج التجويف الذى ستعشق فيه ، ولا تجد هذه الكمية من الزيت طريقا للخروج سوى فتحة الضخ (P) لتخرج منها نظرا لصغر الخلوص ما بين اسنان الترس وجسم المضخة من جهة كما أشرنا ، وكذلك لإحكام قرصى الإحكام على اسنان الترسين من اعلى وأسفل من جهة أخرى. وبذلك تندفع كمية من الزيت مساوية لحجم التجويف بين الأسنان فى كل مرة تعشق فيها أحد أسنان الترسين فى الآخر ، وبذلك تخرج من المضخة دفعات متتابعة من الزيت مع استمرار الدوران .

إذا نظرنا إلى قطاع المضخة الموضح شكل (٩ ـ ٢١) نجد أنه ابتداء من وضع معين فى تعشيق الأسنان تمنع الأسنان المتماسة اتصال تجاويف

الأسنان مع خط الطرد قبل تمام تفريغ التجاويف من الزيت الموجود بها ، فإذا لم يجد هذا الزيت المحصور مسارا يندفع منه خارج تلك التجاويف فإن استمرار الدوران يزيد من تداخل الأسنان وضغطها على هذا الزيت المحصور فى مكان مغلق ، فتتولد نتيجة لذلك ضغوط شديدة الإرتفاع تؤدى إلى اهتزاز المضخة بشدة وتتذبذب سرعتها الدورانية .

لذلك نجد أن المصممين قد وضعوا حلا لذلك الإشكال بعمل فتحات عند جانبى القرصين الضاغطين رقم (٦) فى شكل (٩ ـ ٢١) بحيث تسمح هذه الفتحات لهذا الزيت المنضغط والمحصور بأن يسرى إلى غرفة الضغط .

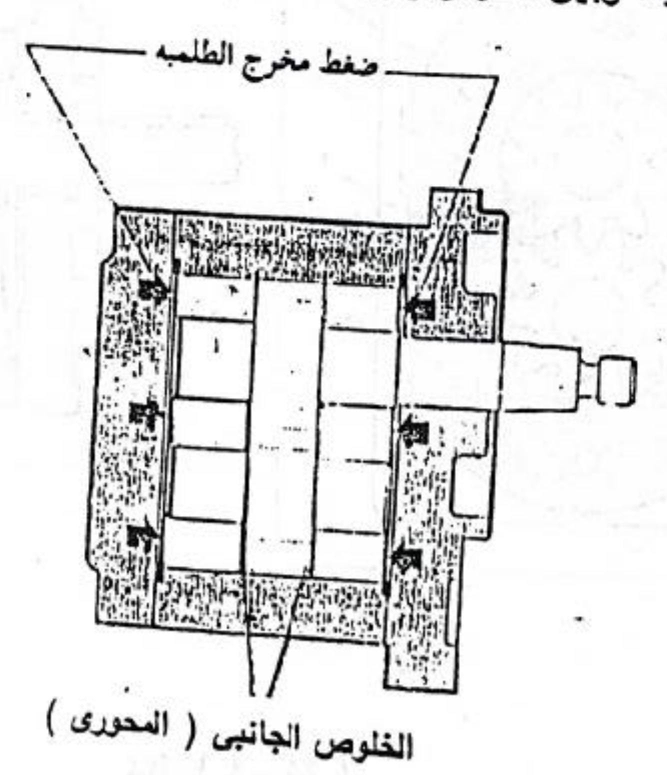


شكل (٩ ـ ٢١)

مقطع طولى وعرضى فى مضخة ترسية

كما أن هناك نقطة هامة أخرى تتمثل فى الخلوص ما بين القرصين الضاغطين رقم (٦) فى الشكل (٩ ـ ٢١) والترسين رقم (٥) فهذا الخلوص يجب أن يحقق غرضين متناقضين أن يكون صغيرا بحيث يؤدى إلى الإحكام وأن يكون كبيرا بدرجة تقلل الاحتكال بين الترسين والقرصين الضاغطين ، فإذا زاد الخلوص قل الاحتكاك وزاد التسرب وإذا قل الخلوص زاد الاحتكاك وقل التسرب لذلك فقد تم التوصل إلى حل لا يجعل هذا الخلوص ثابتا حتى لا يحدث تآكل مع الاستعمال وذلك بجعل هذا الخلوص متناسبا مع الضغط الذى يقاوم خرج المضخة .

يتمثل هذا الحل فى توصيل خط ضغط المضخة خلف القرصين الضاغطين بحيث يدفعهما تجاه الترسين ، وبالتالى يتم ضبط الخلوص الجانبى بين القرص الضاغط والترس تلقائيا حسب الضغط فى الدائرة فإن زاد الضغط فى الدائرة زاد بالتالى خلف القرص الضاغط وأحكم الخلوص بينه وبين الترس وقل التسرب وبذلك نضمن كفاءة التشغيل دائما .



الخلوص الجانبى (المحورى)

شكل (٩ ـ ٢٢)

كيفية المحافظة على الخلوص بين الترس والقرص الضاغط

٩ ـ ١٥ مميزات المضخة الترسية :

ـ تعمل عند ضغط مرتفع نسبيا بالنسبة لوزنها (حتى ٢٥٠ بار).

ـ رخص ثمنها نسبيا عن باقى الأنواع الأخرى .

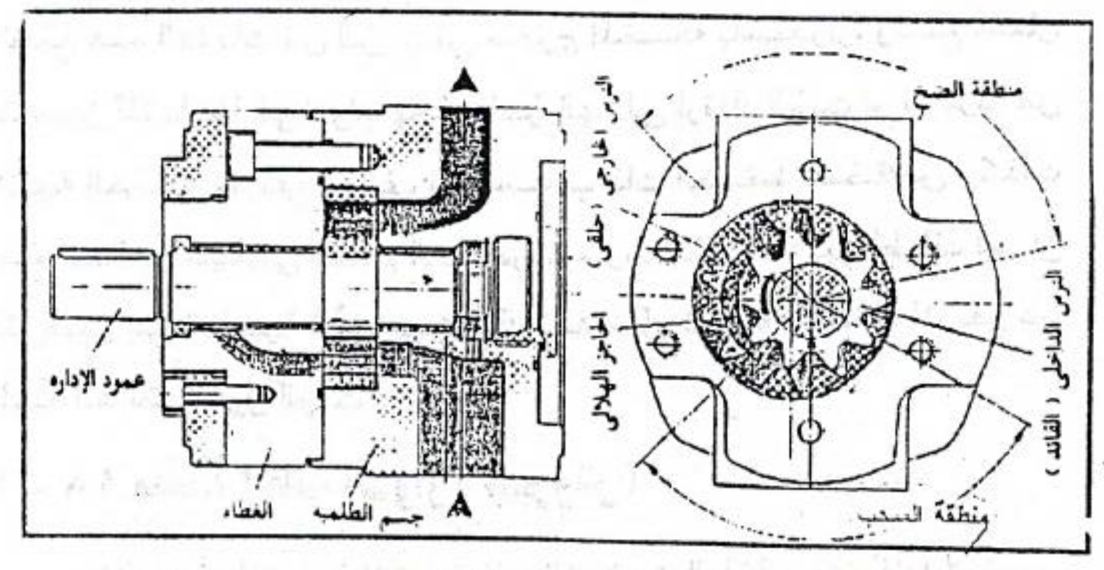
ـ تعمل فى مجال واسع من درجات الحرارة ولزوجة الزيت وسرعات الدوران.

٩ ـ ١٦ التآكل فى المضخة :

نظرا لأن الضغط دائما يكون على خط التصريف فإن الضغوط دائما تكون واقعة على أسنان وجسم الترسين من ناحية المخرج وبالتالى تميل القوة المتولدة عن هذا الضغط إلى دفع الترسين إلى ناحية خط السحب وعادة ما يكون التآكل فى الحامل من ناحية السحب وبالتالى نجد أن ألتآكل الناتج عن احتكاك الأسنان بالجسم يحدث أكثر فى ناحية المدخل نظرا لتأثير الضغط على الناحية المقابلة

لذلك عند فحص هذه النوعية من المضخات يجب التأكد من قياس الخلوص ما بين اسنان الترسين والجسم من ناحية المدخل بصفة خاصة .

٩ ـ ١٧ المضخة الترسية تعشيق داخلى :



شكل (٩ ـ ٢٣)

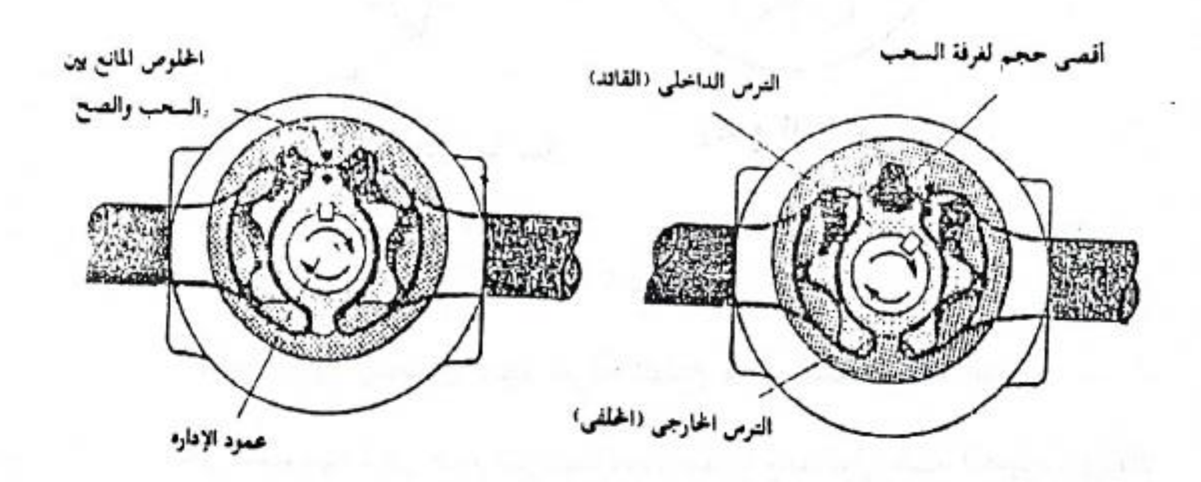
مقطع طولى وعرضى فى مضخة ترسية ذات تعشيق داخلى

تتكون المضخة من الجسم ويدور داخله ترسين (٤ ، ٥) معشقين تعشيقا داخليا ، وينحرف مركز الترس الداخلى (٥) عن مركز الترس الخارجى قليلا ، بين الترسين والجسم خلوص صغير جدا حتى لا يحدث تسرب عكسى للزيت ، يدور الترس الداخلى فيدور معه الترس الخارجى فى نفس اتجاه الدوران ، عند انفصال التروس مع الدوران تتسع الفراغات بين الأسنان ويشبه ذلك كما ذكرنا عمليه سحب الكباس داخل اسطوانة مما يؤدى إلى حدوث خلخلة فى الناحية التى يحدث فيها زيادة فى الفراغ ما بين الأسنان وبذلك يندفع الزيت إلى هذه المنطقة داخل المضخة فيما نسميه عملية سحب الزيت ويملأ هذا الزيت الفراغات ما بين الترسين وباستمرار دوران الترسين معا يمتلئ كل فراغ بالزيت ولأن الترس الداخلى يدور حول مركز يبتعد عن مركز الترس الخارجى فقد أدخل فى هذه النوعية من المضخات جزء هلالى (٦) فى الشكل وفائدة هذا الجزء العمل كحاجز بين كل من غرف الترس الداخلى وغرف الترس الخارجى المملوءتين بالزيت ليتم حجز هذه الكميات وبقائها محصورة ما بين الترس والحاجز الهلالى، تبدأ أسنان الترسين فى التعشيق معا مرة أخرى فتطرد كل سنة منها الزيت الموجود ما بين سنتين من أسنان الترس الآخر لتندفع هذه الدفعات من الزيت فى مخرج المضخة باستمرار. وتمنع أسنان الترسين المتداخلة فى مواجهة الحاجز الهلالى ارتداد الزيت أو تسربه من ناحية الضغط المرتفع إلى غرفة السحب ذات الضغط المنخفض وكذلك يمنع الحاجز الهلالى المحكم الخلوص تسرب الزيت ما بين أطراف اسنان الترسين إلى الناحية الأخرى وبذلك تنفصل ناحية الضغط المرتفع عن ناحية السحب طول الوقت .

٩ ـ ١٨ مضخة القلب الدوار (جيروتر) :

تشبه هذه المضخة المضخة ذات التعشيق الداخلى غير أنها لا تحوى حاجزا هلاليا وقد استعيض عن ذلك بجعل الترس الداخلى يمس أسنان

الترس الخارجى باستمرار ويظهر ذلك فى الشكل (٩ ـ ٢٤) الذى يمثل مضخة القلب الدوار حيث نلاحظ أن عدد أسنان الترس الداخلى تقل بمقدار سنة واحدة عن أسنان الترس الخارجى ، وأن أسنان الترس الخارجى مشكلة على هيئة أقواس لكى تحقق التلامس الدائم بينها وبين أسنان الترس الداخلى وبهذا يتم فصل غرف الضخ عن بعضها البعض وكذا عزل منطقة الضخ عن منطقة السحب حتى لا يعود الزيت ذو الضغط المرتفع إلى خط السحب مرة أخرى .



شكل (٩ - ٢٤)

مضخة القلب الدوار

وتعمل هذه المضخة بنفس المبدأ السابق شرحه فى النوعين السابقين حيث يبدأ الفراغ ما بين أسنان التروس فى التزايد مع دوران الترسين معا كما هو موضح بالشكل (٩ ـ ٢٥) مما يخلق خلخلة تتسبب فى سحب الزيت لهذه الغرفة ، ثم يظل الزيت بها محصورا بين أسنان الترسين حتى تعاود أسنان الترس الداخلى بروزها داخل الغرفة وتطرد ما بها من زيت فى خط الضخ وبتوالى الدوران وحدوث التخلخل

والتضاغط فى غرف الضخ يتوالى تدفق الزيت خارج المضخة وتمتاز هذه المضخة بكونها أكثر نعومة فى تعشيق الترسين وبالتالى فإن الضوضاء الناتجة عنها تقل كثيرا عن النوعيات الترسية الأخرى .

حجم غرفة الضخ أكبر ما يمكن

A_{max}

A_{min}

وضع التداخل

حجم غرفة الضخ أقل ما يمكن

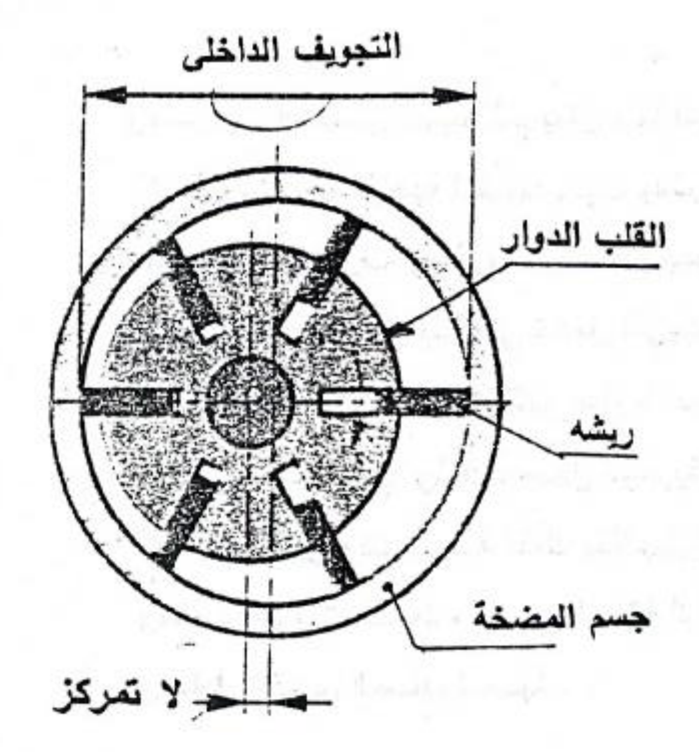
شكل (٩ - ٢٥)

كيفية تزايد ونقصان حجم غرفة الضخ فى مضخة القلب الدوار

وعن عيوبها فإن عدم اتزانها ديناميكيا يعد أول هذه العيوب وذلك لأن المنطقة ذات الضغط المرتفع تؤثر على أجزاء المضخة المتحركة وعلى الجسم ايضا من اتجاه واحد فقط ولا تقابله قوى موازنة ، كما أن الترس الحلقى الخارجى لابد من توصيل الزيت إلى محيطه الخارجى الذى يلامس فيه جسم المضخة فى تجويف دائرى ، فلكى نضمن دوام التزليق ما بين الجسم والترس الحلقى الخارجى فلابد من توصيل الزيت ما بينهما لتكوين طبقة رقيقة من الزيت وابقائها تحت ضغط باستمرار لذلك فإن هذه النوعية من المضخات لا تناسب ظروف العمل تحت ضغوط منخفضه لأن الزيت ذو الضغط المنخفض سوف لا يضمن تكون هذه الطبقة وبالتالى يتآكل الجسم والترس الحلقى بسرعة .

٩ ـ ١٩ المضخة الريشية :

تتكون المضخة الريشية من جسم به تجويف دائرى يدور داخله قلب اسطوانى به تجاويف قطرية ، وفى هذه التجاويف تثبت الريش المتحركة فهذه الريش تتحرك تجاه محيط القلب الدوار مرة وتجاه مركز القلب الدوار مرة أخرى وتتردد ما بين هذين الوضعين باستمرار طالما ظل القلب الدوار فى حالة دوران .

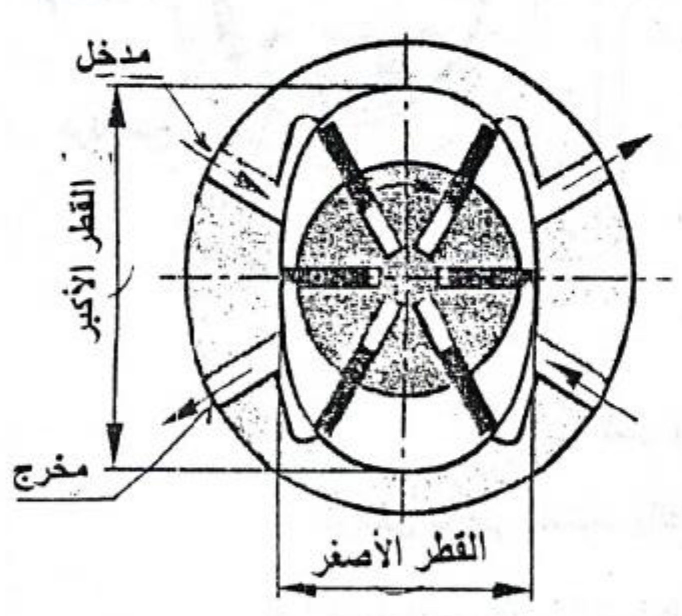


شكل (٩ ـ ٢٦)
أجزاء المضخة الريشية

ونلاحظ فى الشكل أن مركز دوران القلب الدوار مرحل عن مركز التجويف الدائرى المحيط به .

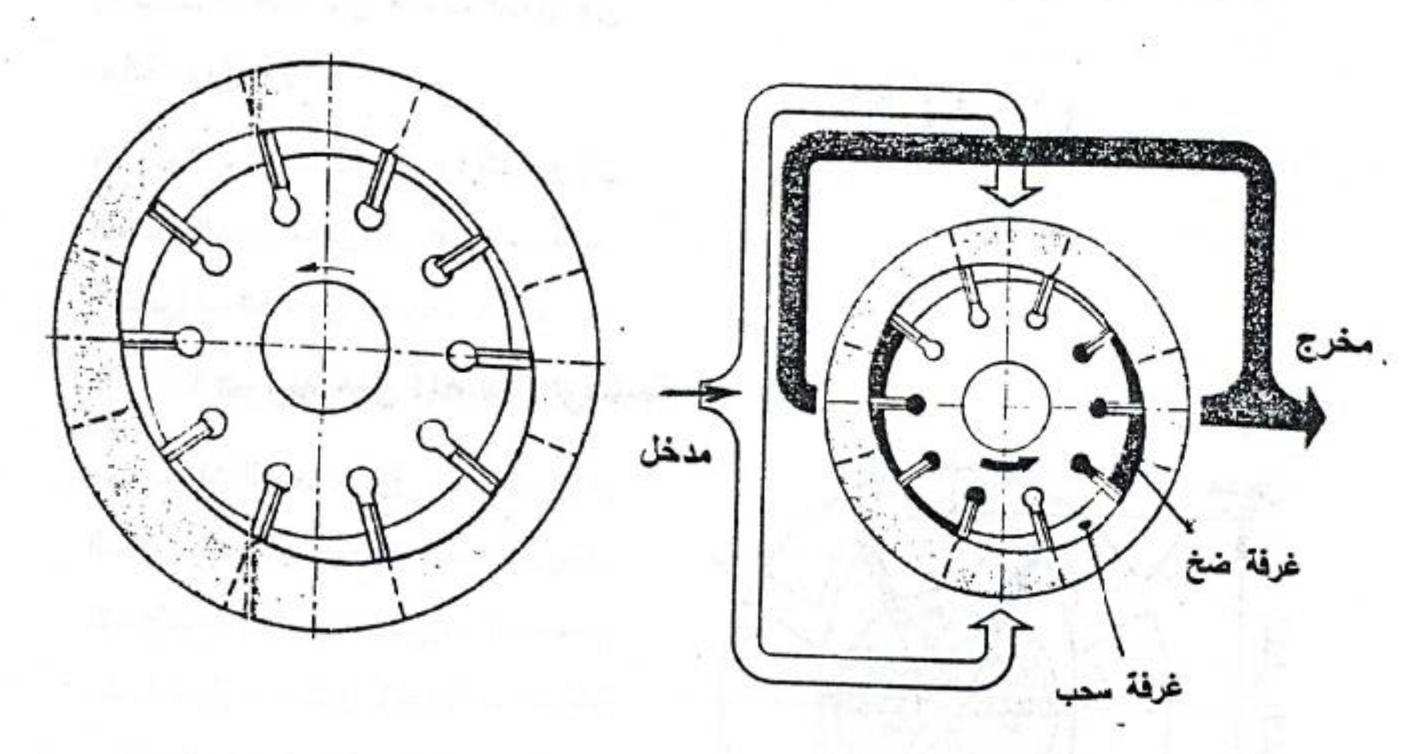
٩ ـ ٢٠ طريقة عمل المضخة الريشية :

مع دوران القلب الدوار وبفعل قوى الطرد المركزى تندفع الريش لتلامس سطح تجويف الجسم باستمرار ، ونظرا لاختلاف مركز دوران القلب الدوار عن مركز تجويف الجسم تنشأ ما بين كل ريشتين والسطح الداخلى للجسم وسطح القلب الدوار غرفة يزاد حجمها مع الدوران فيقل الضغط بها فيندفع الزيت داخلها عند



شكل (٩ ـ ٢٧)
مضخة ريشية متزنة ديناميكيا

وصـولها لاقصـى حجم ثـم يظل هذا الزيت مـحصـورا داخل الـغرفـة حـتى اكتمال دورانها للجهة المقابلة حيث يقترب القلب الدوار من الجسم وبالتالى يقل حـجم الغـرفة ويطرد الزيت الموجـود بهـا إلى فـتـحـة الخـروج وبتـوالى دوران القلب الـدوار يتـوالى تـدفق الزيت من كل غـرفـة نظرا لأن المضـخـة الريشية بشكلها السابق غير مـتزنة ديناميكيا فـقد استحدث تصـميم آخر يتـلافى ذلك العيب وذلك بجـعل تجـويف الجسم بيـضـاويا بدلا من الشكل الدائرى الأول ونتـيـجـة لذلك يتكون فى المضـخة مـنطقـتـان للتخلخل ومنطقتان للتضاغط ويصبح لمنطقة الضـغط المرتفع منطقة مقابلة تواجهها وتعادل القوى الصادرة منها .

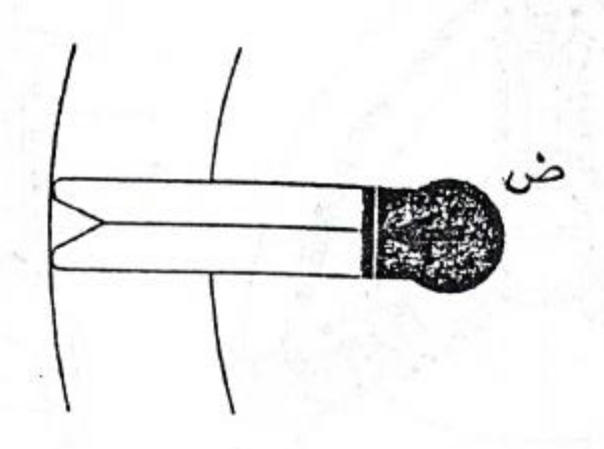


شكل (٩ ـ ٢٨)

توصيل غرفتى السحب والضخ فى المضخة الريشية المتزنة

أمـا غـرف السـحب والضـغط المتمـاثلة فـيتم توصـيل كل زوج منهـا بحيث يكون للمضخة خط سـحب واحد وخط ضخ واحد يتجمع عنده ناتج تدفق غرفـتى الضخ المتقـابلتين، ولكى نتأكـد من استمـرار ملامـسة الريش

لسطح الكامة الداخلى فإن التجويف الموجود خلف الريش يتم توصيله بخط الضغط بحيث يتواجد الزيت بنفس الضغط الموجود فى الدائرة خلف الريش ويؤثر عليها بقوة تدفعها للتلامس الدائم مع حافة الكامة الداخلية .

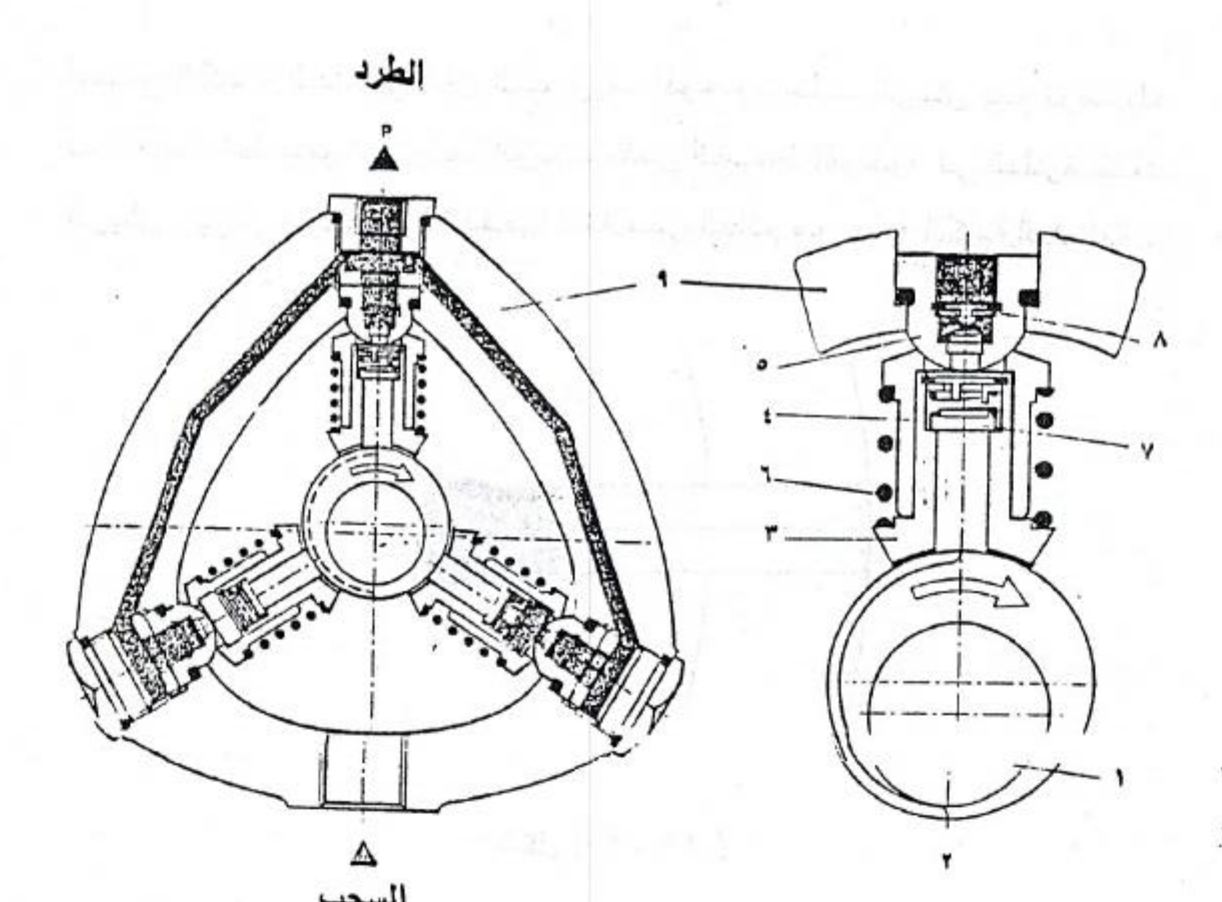


شكل (٩ . ٢٩)

التأكد من استمرار تلامس الريشة مع الكامة بتوصيل ضغط الزيت خلفها

٩ ـ ٢١ المضخات المكبسية نصف القطرية :

ترتب الكباسات فى المضخات الكبسية نصف القطرية على شكل نجمة وفى اتجاه نصف قطرى بالنسبة لعامود الدوران وبهذا تكون حركة الكباسات دائما فى اتجاه نصف قطرى ما بين مركز المضخة ومحيطها الخارجى ، ويتم التحكم فى شوطى السحب والطرد عن طريق صمامات وتتكون المضخة شكل (٩ ـ ٣٠) من الجسم (٩) وعامود إدارة لا محورى (١) وعناصر الضخ وهى ثلاثة فى هذا النموذج ولكنها قد تكون أكثر من ذلك ويتكون كل عنصر ضخ من كباس (٣) ينزلق داخل اسطوانة (٤) ويوثر عليه ياى (٦) لإبقائه ملامسا لكامة عامود الإدارة كما يوجد داخل كل عنصر صمام سحب (٧) .



شكل (٩ - ٣٠)

المضخة المكبسية نصف القطرية

طريقة عمل المضخة :

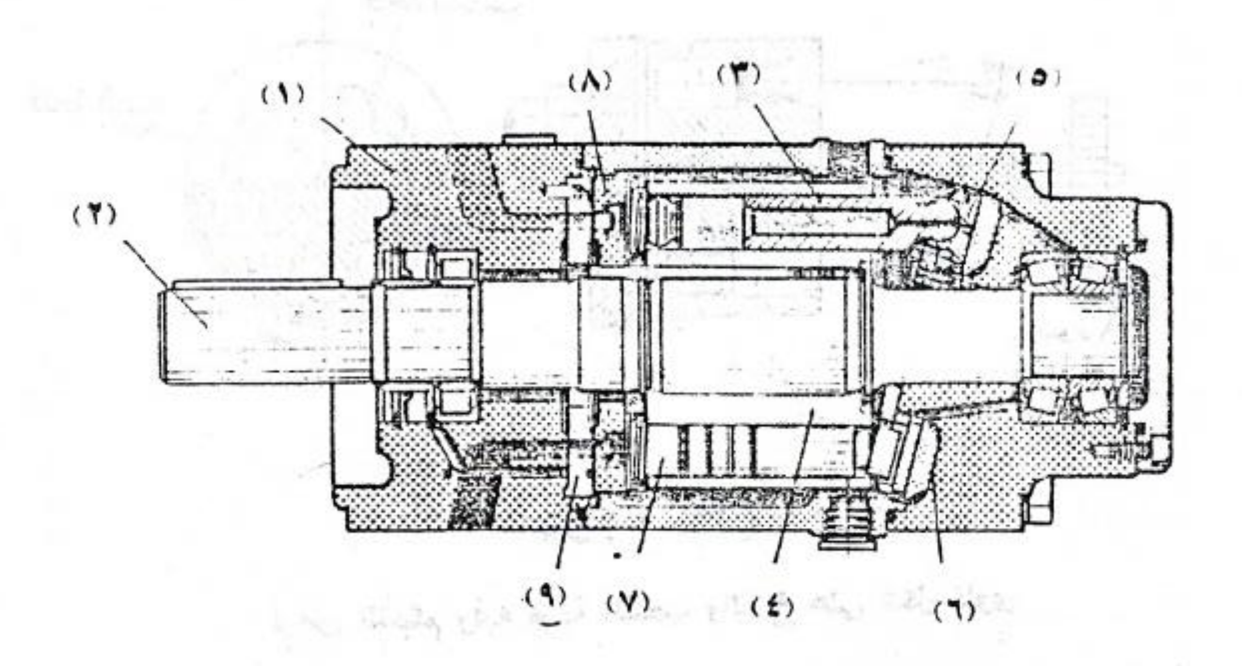
عند دوران العامود رقم (١) تبدأ المسافة ما بين سطح المكبس (٣) ومركز دوران الكامة اللامتمركزة (٢) فى النقصان وبذلك يبدأ المكبس في الانزلاق لأسفل تجاه المركز مكونا منطقة تخلخل خلف الصمام رقم (٧) وبذلك يدخل الزيت لملء الفراغ فوق الصمام (٧) وبوصول المكبس لأقصى إزاحة لأسفل يصل حجم الغرفة المملوءة بالزيت فوق الصمام (٧) لأقصى حجم ثم باستمرار دوران الكامة تبدأ الكامة فى دفع المكبس (٣) لأعلى مرة أخرى ويضغط على الزيت المحصور فى الغرفة بحيث يضغط على صمام التوريد رقم (٨) فى الوقت الذى يغلق صمام السحب رقم (٧) بفعل

ضغط الزيت المحصور داخل الغرفة وبذلك تندفع كمية الزيت خارج المضخة وبالمثل العمل لباقى عناصر الضخ الأخرى بالتوالى .

وعادة ما تحوى هذه النوعية عدد مفردا من عناصر الضخ ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ ذلك لأن التذبذب فى الدفعات الخارجة من المضخة ذات العدد الفردى يقل عن مثيله فى المضخات ذات عناصر الضخ الزوجية .

وتمتاز هذه المضخة بإمكان عملها فى الدوائر ذات الضغوط المرتفعة التى تصل إلى ٧٠٠ بار .

٩ ـ ٣٢ المضخات المحورية ذات القرص المائل :

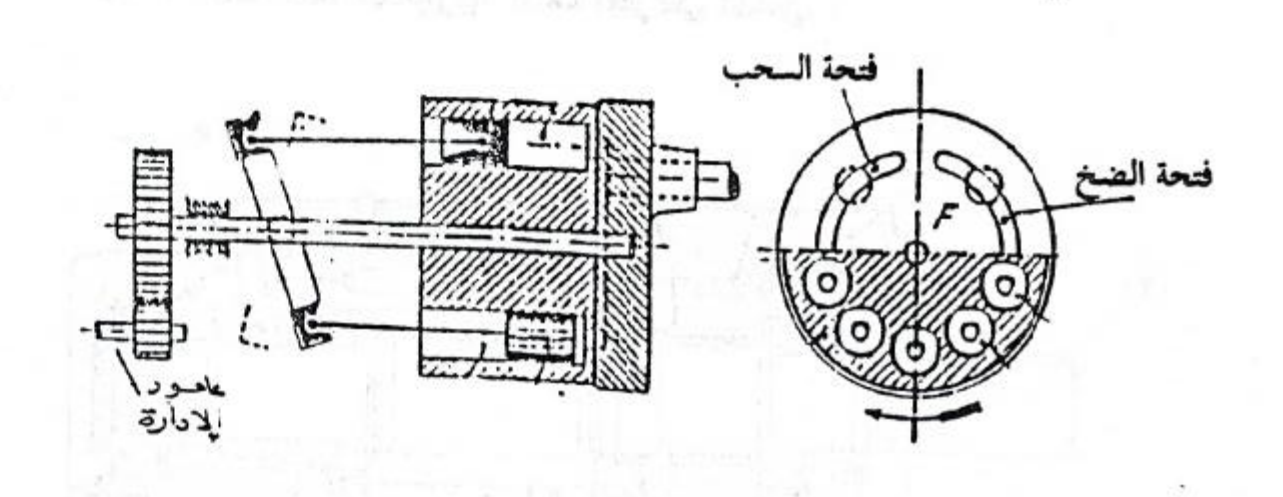


شكل (٩ ـ ٣١)

المضخة المحورية ذات القرص المائل

تتكون هذه المضخة من جسم ثابت (١) وبداخله قلب دوار (٤) على هيئه اسطوانة بها عدد فردى من الكباسات (٣) موزعة على محيط القلب الدوار ويدير عامود الإدارة (٢) هذا القلب ومعه المكابس التى توازى محور دوران العمود ، تصمم نهايات الكباسات بحيث تستند على القرص المائل (٦) عن طريق وسائد متصلة بالكباس عن طريق وصلة عامة الحركة .

وعند إدارة عامود المضخة تدور الاسطوانة (٤) حاملة الكباسات ولأن نهايات الكباسات ملامسة للسطح المائل (٦) فإن كل كباس يتحرك حركة ترددية طولية فى اتجاه محورى فى كل مرة يدور فيها ، وبذلك يكون المكبس فى حالة سحب عند وجوده فى أقصى وضع للخارج وفى وضع ضخ عند وجوده فى أقصى وضع للداخل. ويتم التحكم فى دخول وخروج السائل من المضخة عن طريق فتحتان فى قرص التحكم (٩) كل فتحة منهما على شكل كلوى انظر الشكل (٩ - ٣٢)



شكل (٩ - ٣٢)

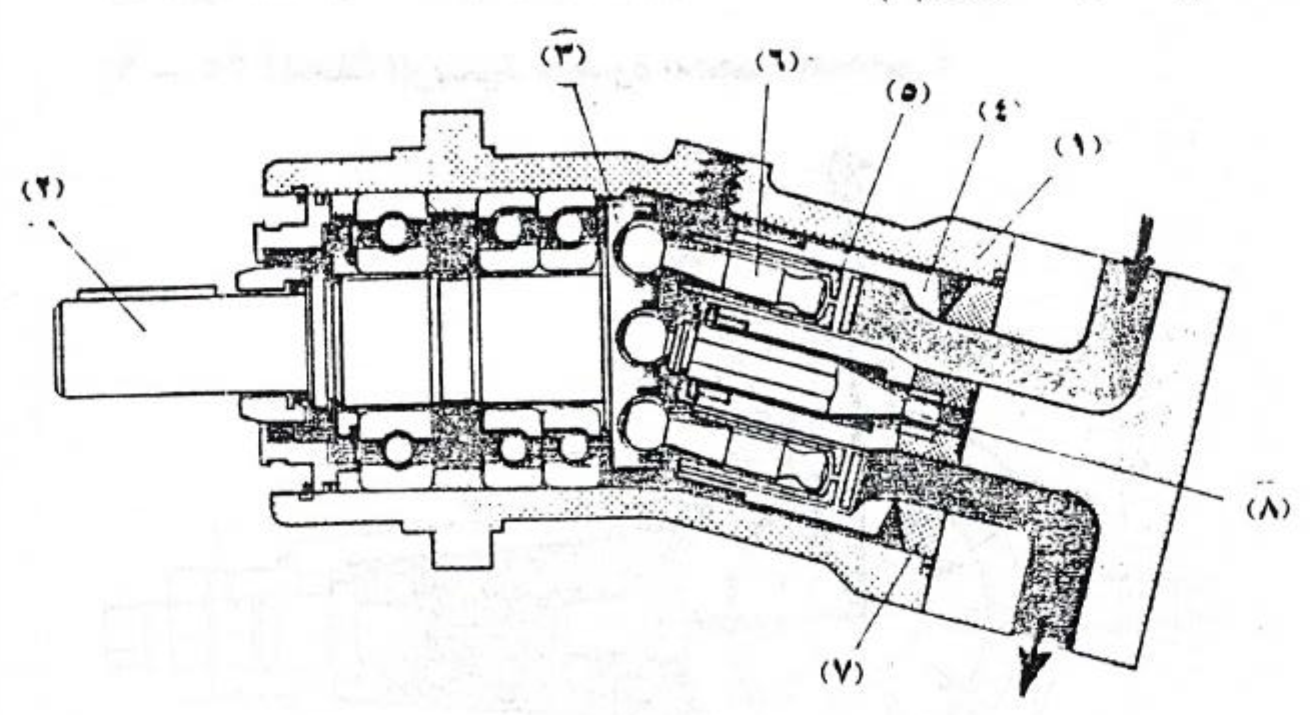
قرص التحكم وفيه فتحة السحب والضخ على شكل كلوى

وتعمل هذه النوعية من المضخات المحورية فى الدوائر حتى ضغوط ٤٠٠ بار

٩ - ٢٣ المضخة الكباسية المحورية ذات المحور المائل :

تتكون هذه المضخة من الجسم (١) وعمود الإدارة (٢) والقرص (٣) المتعامد مع محور دوران عامود الإدارة ، أما الإسطوانة المتحركة (٤) التى تحوى فى داخلها الكباسات (٥) فتتصل بالقرص عن طريق نهايات الكباسات بحيث يشكل وضعها المائل مجالا لتحريك الكباسات فى حركة

ترددية أثناء دوران الاسطوانة مع القرص ، وترتكز الاسطوانة من مركزها على عامود محورى (٨) .



شكل (٩ ـ ٣٣)

المضخة المحورية ذات المحور المائل

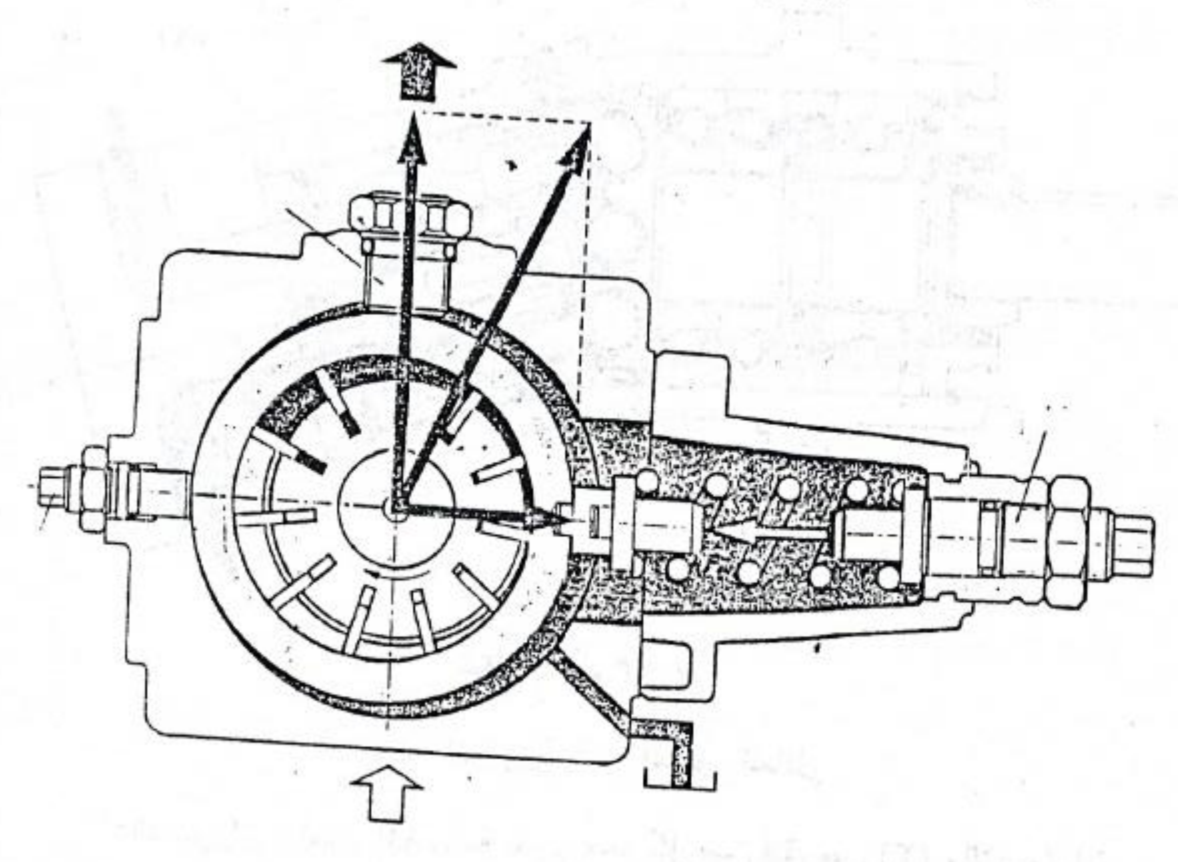
عند دوران عامود المضخة يدور معه كل من القرص (٣) والاسطوانة (٤) ومعها كل الكباسات ونظرا لميل محور دوران الاسطوانة فإن الكباسات تعمل حركة ترددية مع كل دورة يدخل معها السائل فى وضع أقصى إزاحة ويطرد فى وضع انضغاط الكباس للداخل ، وتزود المضخة أيضا بقرص تحكم (٧) به فتحات كلوية إحداها أمام المكابس التى تنسحب للداخل وتقوم بشوط السحب وهى فتحة السحب والأخرى أمام المكابس التى تندفع للخارج بشوط الضخ وهى فتحة الطرد .

٩ ـ ٢٤ المضخات متغيرة الإزاحة :

المقصود بهذا التعبير وجود امكانية أو آلية بالمضخة يمكن عن طريقها تغيير كمية الزيت المتدفق من المضخة مع ثبات سرعة الدوران أو بمعنى آخر تغيير الحجم الهندسى للمضخة بحيث تعطى كمية من الزيت

تتراوح ما بين الصفر وأقصى حجم هندسى يمكن اخراجه من المضخة وسنورد أمثلة لهذه النوعية من المضخات .

٩ ـ ٢٥ المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسى :



شكل (٩ ـ ٣٤)

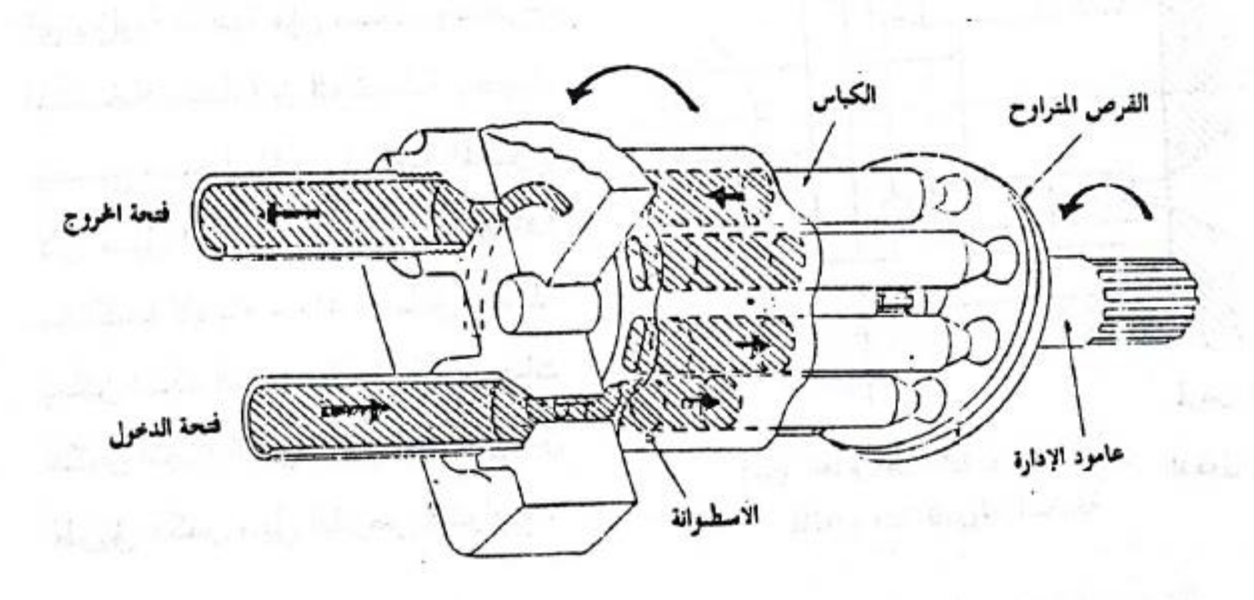
مضخة ريشية متغيرة الحجم الهندسى عن طريق تحريك الكامة

تختلف هذه المضخة عن النوعية ثابتة الحجم الهندسى فى إمكان تحريك الكامة التى ترتكز عليها ريش المضخة، فكما ذكرنا فى توضيح نظرية عمل المضخة الريشية أن عمل هذه المضخة يعتمد على وجود إختلاف أو ترحيل فى مركز دوران القلب الدوار حامل الريش ومركز الكامة المحيطة به، وهذا الفارق بين المركزين هو الذى يتسبب فى تكون غرف يزيد حجمها ثم يتناقص مع استمرار الدوران ، فإذا تم التحكم فى وضع الكامة بحيث يمكن تحريكها بطريقة مستعرضة تؤدى إلى تغيير المسافة ما بين مركزى الكامة والقلب الدوار أدى ذلك إلى تغير حجم الغرف

الخاصة بالسحب والطرد، فإذا اتحد مركز الكامة مع مركز القلب الدوار تلاشت الزيادة والنقصان فى حجم غرف الضخ وتوقفت المضخة عن السحب والطرد ، وبترحيل الكامة إلى اليسار « انظر الشكل » يبدأ تكون الغرف المتزايدة الحجم ما بين الكامة والقلب الدوار وكلما زاد الفرق ما بين المركزين كلما زاد تصريف المضخة حتى تمام الوصول لأقصى إزاحة لها. وبذلك تعطى المضخة أقصى حجم هندسى لها. ويتم التحكم فى الكامة عن طريق ضغط التشغيل الذى يؤثر على الكامة المتحركة فينقلها من أقصى وضع للاتمركز إلى وضع جديد يقل فيه الفرق بين المركزين وبذلك يقل الحجم الهندسى للمضخة وعند انقطاع حاجة المستخدم للسائل يرتفع الضغط ويتغلب على قوة الياى فتتحرك الكامة إلى الوضع المركزى وينعدم التدفق الخارج من المضخة وفى هذه الحالة يتم الاحتفاظ بضغط التشغيل وتقوم المضخة بتعويض الفقد الناتج عن التسريب فقط .

٩ – ٢٦ المضخة المكبسية المحورية متغيرة الحجم الهندسى :

١ - ذات القرص المتراوح :

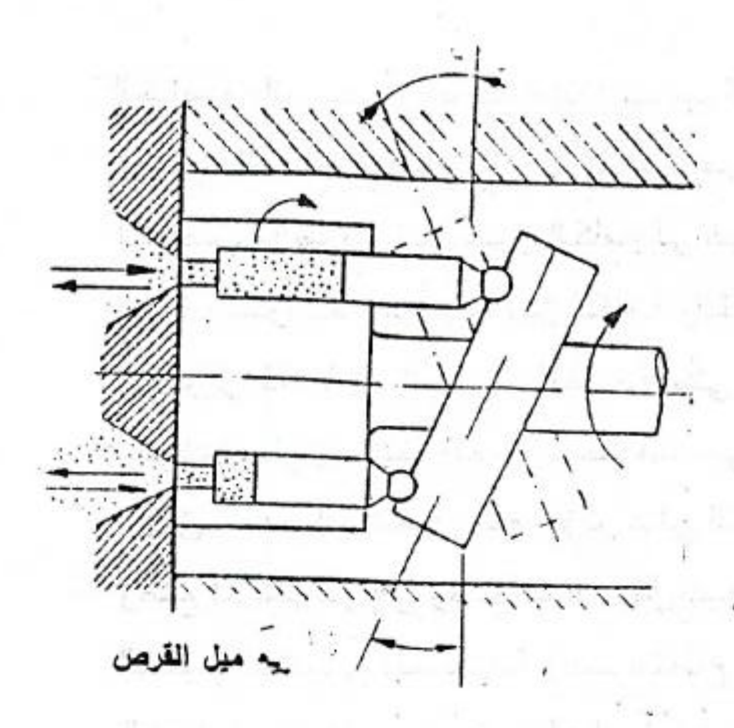


شكل (٩ - ٣٥)

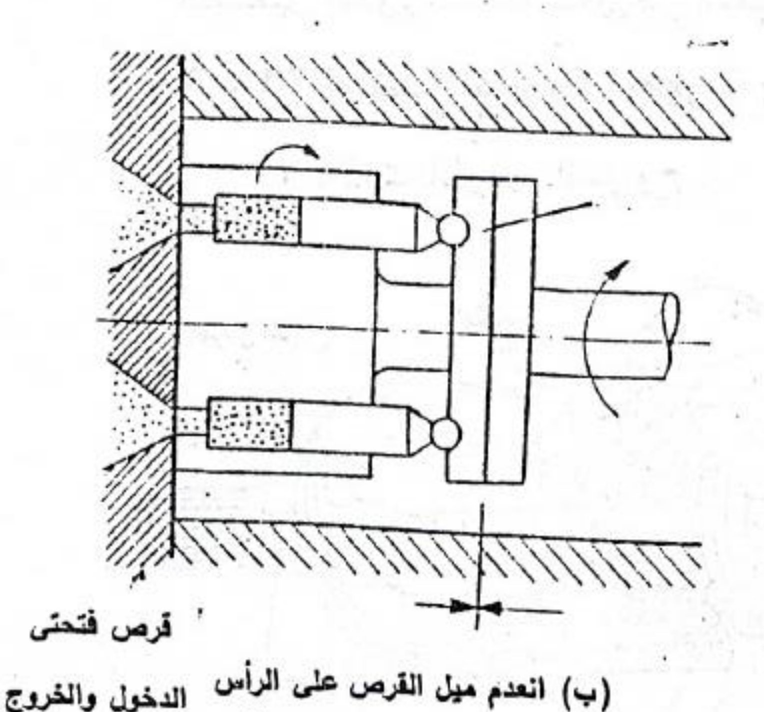
مضخة محورية يتم تغيير حجمها الهندسى عن طريق تغيير زاوية ميل القرص المتراوح

فى هذه النوعية ذات الحجم الهندسى المتغير لا يكون السطح المائل جزءا من جسم المضخة وإنما يكون قرصا يمكن تحريكه بزاوية ميل على الوضع الرأسى ، ويحدد ميل هذا القرص على الوضع الرأسى مقدار شوط الكباسات وبالتالى الحجم الهندسى للمضخة فيزيد شوط الكباسات كلما زادت زاوية ميل القرص المتروواح ويقل كلما قلت حتى يصل الحجم الهندسى للصفر إذا كان انحراف القرص على الرأسى صفرا .

فإذا مال القرص فى الاتجاه المعاكس أى بزاوية سالبة فإن مدخل ومخرج المضخة يتبادلان الوظيفة بحيث يصبح مدخل المضخة هو المخرج لأن ميل القرص قد أخذ اتجاها معاكسا لاتجاه ميله السابق وبذلك يمكن لهذه النوعية من المضخات عكس اتجاه الحركة فى المشغل عن طريق عكس ميل القرص المتراوح .



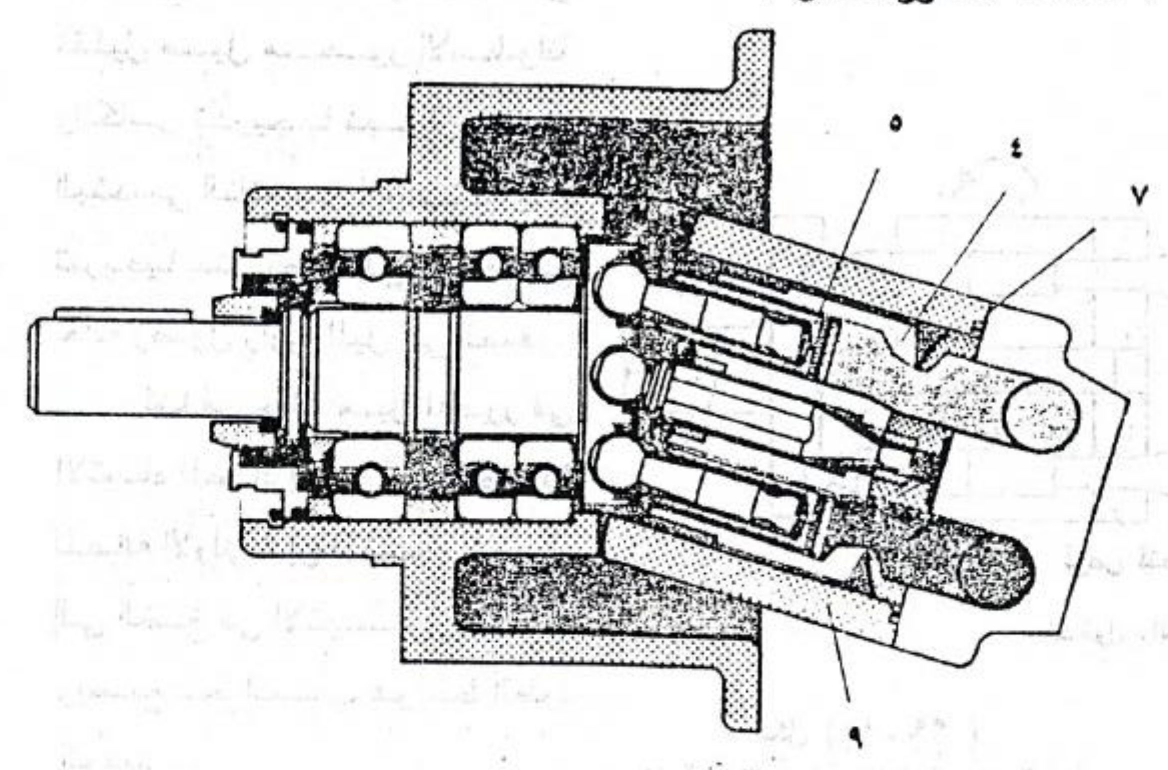
(أ) ميل القرص يزيد معه تصريف المضخة



(ب) انعدم ميل القرص على الرأس فانعدم معه تصريف المضخة

شكل ٩ ـ ٣٦ : فكرة تشغيل مضخة الازاحة المتغيرة المحورية

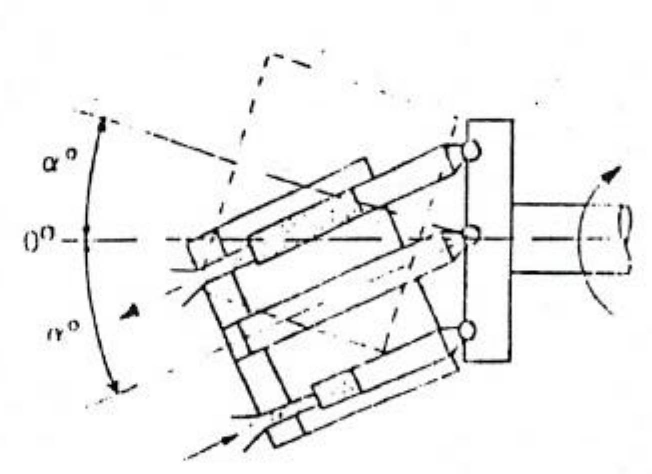
٢ ـ ذات المحور المائل :



شكل (٩ ـ ٣٧)

مضخة ذات محور مائل يمكن تغيير حجمها الهندسى

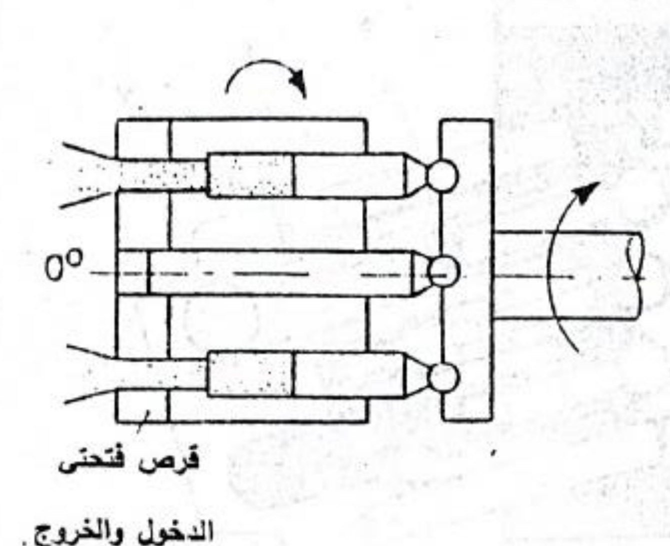
تشبه هذه المضخة مثيلتها ذات الحجم الهندسى الثابت غير أنه قد تم تغيير الأجزاء المختصة بالضخ وهى الأسطوانة الدوارة والمكابس وقرص التحكم (٤)، (٥)، (٧) على الترتيب بحيث يمكن تحريكهم وتغيير زاوية ميلهم على محور عامود المضخة ونظرا لاعتماد شوط الكباسات داخل الإسطوانة على زاوية ميلها على محور المضخة فإن تغير زاوية الميل يغير الحجم



شكل (٩ ـ ٣٨)
إمالة الاسطوانة الدوارة يزيد تصريف المضخة

الهندسى للمضخة فإذا أخذنا فى تقليل ميل محور الاسطوانة والمكابس تدريجيا نجد أن الحجم الهندسى الناتج من المضخة يقل تدريجيا حتى يصل إلى الصفر فى حالة وصول زاوية الميل إلى الصفر.

أما فى حالة ميل المحور فى الاتجاه المضاد أى بزاوية مضادة للحالة الأولى فإن المضخة تتحول إلى الضخ فى الاتجاه المضاد ويصبح خط السحب هو خط الطرد الجديد .



شكل (٩ ـ ٣٩)
تتوقف المضخة الدائرة عن الضخ
عند زاوية ميل صفر

الباب العاشر

القواعد والاشتراطات الدولية

تحتل تنظيمات الضخ منزلة خاصة على سفن أعالى البحار لما لها من أهمية فى ضخ مياه الصابور أو مياه مكافحة الحريق أو ما إليها من مختلف أغراض التشغيل، وتحدد هيئات التصنيف العالمية شروطها خاصة بتلك التركيبات نوردها فى هذا الباب وهى مستقاه من إحدى الهيئات الدولية للتصنيف لمعاينة تركيبات السفن ومعداتها.

١٠ ـ ١ عـــام :

تحـتل المضـخـات وخطوط مواسـير الـضخ منزلة هامة فى الانشـاءات الهندسـية عـمومـا والاعـمال البـحرية بوجه خـاص، وتشـتـرك كافـة هيئـات الـتـصـنيف والمعايـنة فى افراد باب خـاص بالاشـتـراطات الواجب توافـرها فى مواصفـات وتنظيمات شـبكات المواسير والمضـخـات والمعادن المستـخـدمة فى صناعـتهـا، وطرق اللحـام والمعامـلات الحـرارية التى يجب تطبـيقـها لمواءمـة اجـهـادات التـركـيب والثنى والتكـويع... الخ، وربما يكون هناك خـلاف فى التفصـيلات الواجب توافرها طبقا لمختلف هيئات الـتصـنيف، ولكن القواعد العـامـة متـقـاربة الى درجة كـبيرة وسـنقتـصـر فى هذا البـاب على عـرض للشـروط الـتى يجب أن تتـوافـر فى شـبكات المواسـيـر وتنظيمـات الضخ والمضخات على السفن طبقا لاشـتراطات هيئات المعاينة الدولية.

١٠ ـ ٢ تفاصيل التوصيلات :

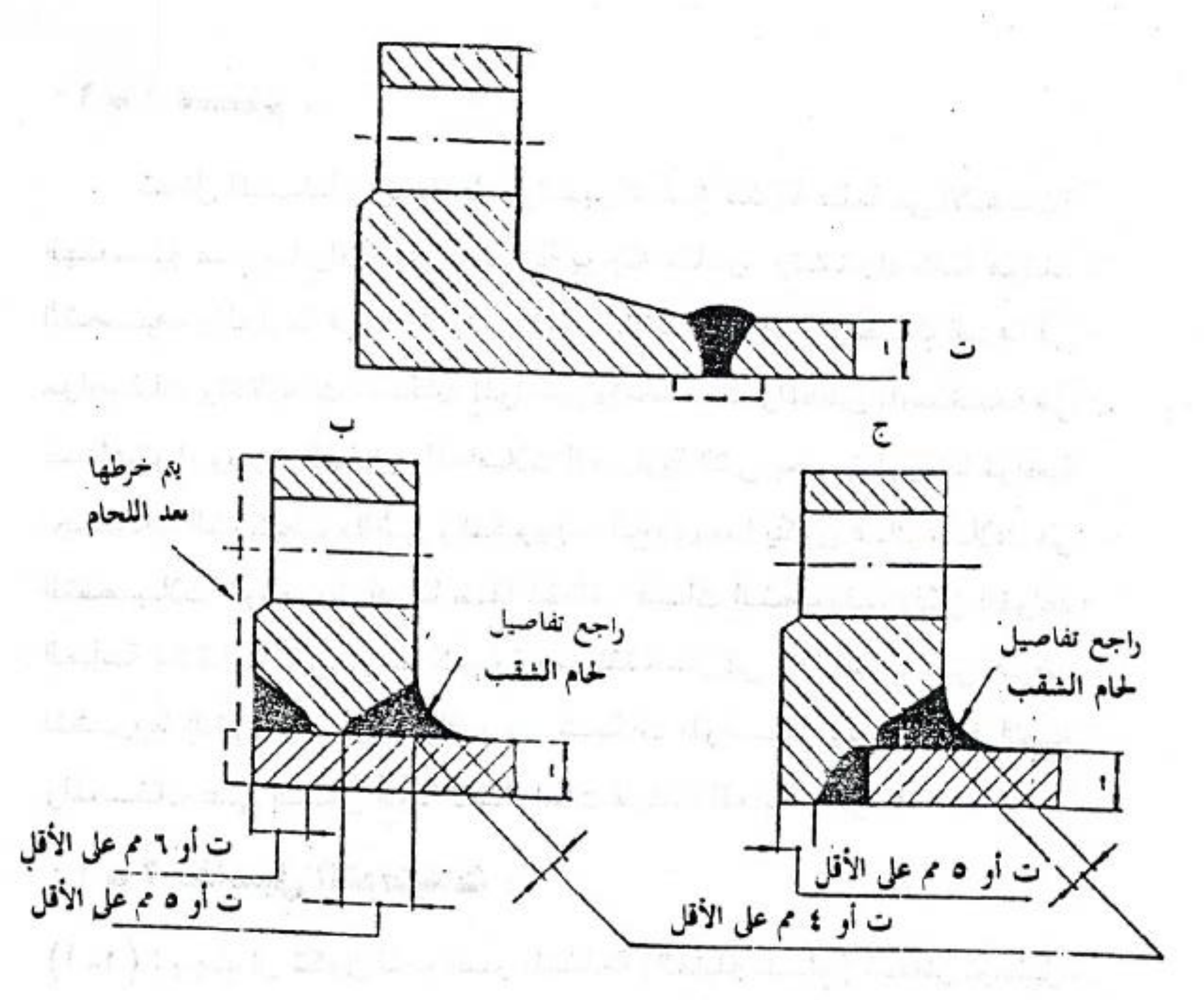
(أ ـ ١) : يجب أن تكون للمواسير المنخلعة (القابلة للخلع) شفائر توصيل، وتفـضـل الـتـوصـيلات الملحـومـة فى شـبكات مـواسـيـر البـخـار المحمـص، والزيت الواقع تحت ضـغط، أو غـيره من السـوائل التى قـد تمثل تهـديـدا للجـو المحـيط. ويقـتـصـر فى عـدد الوصـلات بالشـفائر على الحد الادنى اللازم لتركيب وخلع المواسير.

(أ ـ ٢) : يـبين شـكل (١٠ ـ ١) توصـيلات الشـفـائر المقـبـولة لمواسـيـر الفولاذ، وربما تقبل توصيلات شفـائر أخرى بعد تقـديرها بوجه خاص.

شرح التوصيلات فى شكل (١٠ ـ ١)

شفيــر (أ) :

يمكن اسـتخـدامـه فى كل شبكـات المواسيـر، ويسـتخـدم فى خطوط البخار بضغط يجاوز ٤٠ بار عندما يتجاوز قطر الماسورة ٥٠ مم.



شكل ١٠ ـ ١ : (أ) ، (ب) ، (حـ)

شفائر (ب) ، (جـ) :

يمكن استخدامها فى كافة شبكات المواسير ما عدا مجموعة البخار التى يتجاوز الضغط بها ٤٠ بار عندما يزيد قط الماسورة عن ٥٠ مم.

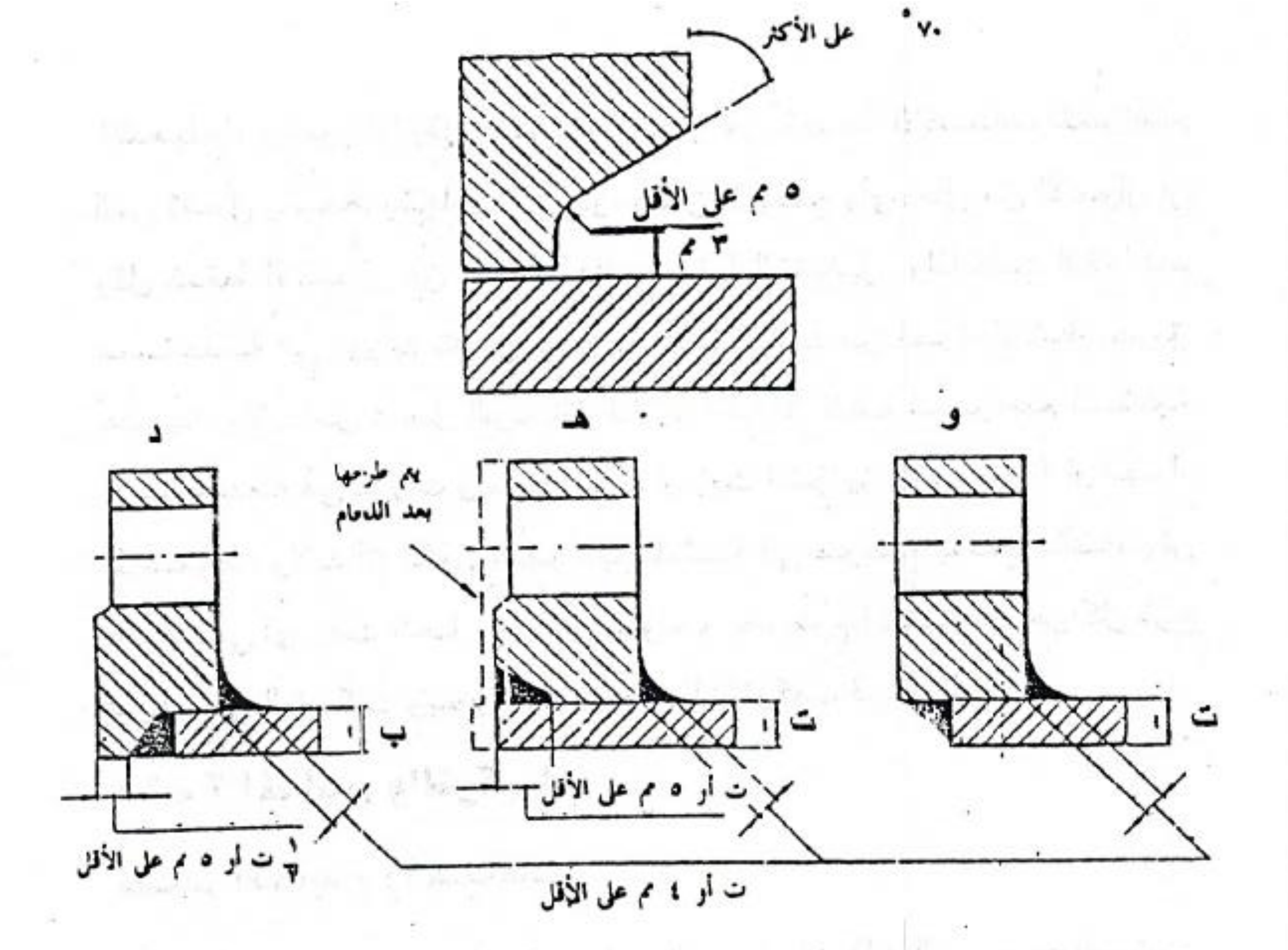
شفائر (د) ، (هـ) :

يمكن استخدامها لكافة شبكات المواسير بضغوط تصل الى ٣٢ بار.

شفائر (و) ، (ى) :

يُمكن استخدامها لشبكات المواسير بضغوط تصل الى ١٧,٤ بار.

(أ ـ ٣) : سوف تقبل القارنات المعمولة بأقماع اللحام أو لحام المونة وكذلك القارنات المعمولة بحلقات قطع مقبولة على المواسير ذات القطر الإسمى (الإعتبارى) الذى لا يزيد عن ٥٠ مم.



شكل ١٠ ـ ١ : (د) ، (هـ) ، (و) ، (ى)

(أ ـ ٤) : لا يجوز استخدام صناديق التمدد عادة فى عنابر البضائع أو غيرها من الاماكن التى لا يمكن التفتيش عليها فى كل الاحيان ولا ينطبق ذلك فى حالة ناقلات البترول أو خطوط الصابورة الممتدة فى صهاريج الصابورة. وينبغى تربيط صناديق التمدد جيدا حتى لا تنخلع أو تنفجر، ولابد من تقديم رسومات منافيخ التمدد للمعاينة حتى نتأكد من مناسبة تصميمها للغرض المقصود.

(أ ـ ٥) : اذا كانت الخراطيم المتثنية (القابلة للثنى) فى خطوط الزيت أو ماء البحر أو أى وسط آخر يزيد ضغط تشغيله عن ٧,٥ بار فلابد من اقرار نوعها بواسطة الهيئة، ومما ينصح به الا تستخدم الخراطيم المتثنية فى خطوط ماء البحر. فاذا استخدمت الخراطيم لضغوط تشغيل تصل الى ٧,٥ بار فلابد أن يكون ضغط انفجارها هو خمسة أضعاف ضغط

تشغيلها، ويجوز أن يقل ضغط الانفجار عن خمسة الاضعاف للخراطيم التى تعمل بضغط يتجاوز ٧,٥ بار، ولكن لا يصح بأى حال من الاحوال أن يقل ضغط الانفجار عن ٣,٥ أضعاف ضغط التشغيل، واذا كانت الخراطيم مستخدمة فى دورات تحمل مواد مشتعلة فلابد من اجراء أختبار حريق عليها، ولابد من عمل الوسائل اللازمة لغلق كافة الخراطيم المتثنية المستخدمة فى دورات زيت الوقود، أو زيت التزليق (التزييت) أو الهواء المضغوط، ولابد أن تكون الخراطيم المتثنية فى موضع يسمح بالتفتيش عليها فى أى وقت كما يجب أن يتواجد خرطوم احتياطى من كل نوع مركب فى الشبكات وبحيث يكون جاهزا للتركيب فى الحال.

١٠ ـ ٣ المحابس والتركيبات :

تصميم المحابس (الصمامات) :

(أ ـ ١) : مما ينصح به أن تستخدم الصمامات ذات التصميم القياسى (الاصطلاحى) فاذا كانت غير ذلك أو ذات تصميم مستحدث فلابد من عرضها على مكتب الهيئة لفحصها واقرارها، وقد يستلزم الامر اختبارات خاصة، ويجب احكام الطرابيش المقلوظة على المحابس (القلنسوات) مع صمامات يتجاوز قطرها ٣٨ سم.

(أ ـ ٢) : يمكن استخدام الفولاذ المصبوب أو المطروق فى صناعة المحابس والتركيبات لكافة التطبيقات أما اذا زادت درجة الحرارة عن ٤٥٠ °م فلا يستخدم الا سبائك الفولاذ المناسبة للتطبيق المحدد، وعند استخدام الحديد الزهر العجيرى لدرجات حرارة أقل من صفر °م فلابد من الحصول على موافقة مسبقة فى كل حالة :

- ولا تستخدم محابس أو تركيبات الحديد الزهر عادة فى شبكات البخار أو زيوت الوقود أو التغذية أو الهواء المضغوط التى لها ضغوط تتجاوز ١٠ بار، أو درجات الحرارة التى تزيد

عن ٢٥٠ ْم ولا يستخدم الحديد الزهر لتركيبات نفض الغلايات أو ما شابهها اذا زاد القطر عن ٢٠٠مم.

- وننصح بعدم استخدام أجزاء من الحديد الزهر فى شبكات المواسير المعرضة الى ضغوط التجريح أو الطرق المائى.

- كما لا تستخدم تركيبات سبائك النحاس اذا زادت درجة الحرارة عن ٢٢٠ْم.

(ب) المحابس التى على جانب السفينة وفى قاعها :

(ب -١) : تكون كافة مواسير الشفط والتصريف مزودة بمحابس أو خوابير قطع (جزرات) يسهل الوصول اليها مركبة عند جانب السفينة، أو فى صناديق فولاذ لها انشاء جاسىء، أو على توصيلات قصيرة من الفولاذ تكون ملحومة على غشاء البدن (الداخلى).

- ينبغى عند استخدام محابس (صمامات) طراز الفراشة أو محابس بجسم ملحوم مستعملة كمحابس بحر أن تقدم رسوماتها لاعتمادها.

(ب -٢) : تصنع صمامات الشفط والتصريف والتركيبات التى على البدن من الفولاذ أو حديد الزهر العجيرى المطابق للمواصفات، ولا يقبل الحديد الزهر، أما محابس نفض الغلايات فتصنع من الفولاذ.

- محابس الشفط والتصريف وصناديق البحر ومواسير الامتداد المصنوعة من الفولاذ يجب حمايتها من الصدأ بدهانها بالبويات المناسبة أو بوسائل أخرى متعددة.

(ب -٣) : يراعى أن تكون كافة محابس الشفط والتصريف وجزرات التحويل ومواسير الامتداد المركبة على غلاف البدن مباشرة لها

ذيول ممتدة داخل البدن.

- يتم احكام رباط المحابس والجزرات على البدن إما بمواسير مقلوظة داخل الالواح برؤوس غاطسة أو بجوايط متصلة بشفائر تقوية جامدة ملحومة على البدن، وبحيث لا تخترق صواميل الجوايط ألواح البدن.

- يجب حماية كافة مواسير الشفط والتصريف والتصفيةبطريقة مناسبة اذا كانت معرضة للتلف من ارتطام البضاعة بها.

(جـ) تشغيل المحابس والتحكم فيها :

(جـ -١) : يصح أن يكون تشغيل المحابس يدويا أو بالقدرة .

- لا يصح أن ينتج عن استخدام وسائل الغلق السريع أى اتلاف لجسم المحبس أو المواسير المجاورة.

(جـ -٢) : يكون غلق المحبس عادة بتدوير طارته فى اتجاه عقرب الساعة.

- يتم تنظيم الطارات (الايادى) التى على خوابير التحويل بحيث لا يمكن خلعها الا اذا كانت فى الوضع المغلق أما الطارات التى تكون على سيقان المحابس فتكون ثابتة التركيب.

- بالنسبة لسيقان محابس الضغط والتصريف التى تحت خط التحميل ومحبس الجمة (البلج) الاضطرارى فى غرفة المحركات، ومحابس تصريف النفط فلابد أن تمتد لما فوق الواح الارضية أو تكون سهلة الوصول إليها ومراقبتها بأية وسيلة مناسبة.

(جـ -٣) : يجوز أن تكون المشغلات (آلات التشغيل) بالقدرة الكهربائية أو الهوائية أو الهيدرولية.

- يصح تشغيل المحابس بالمشغلات مزدوجة الفعل وكذلك مفردة الفعل بالنابض (الياى) أو الثقل (ثقالة) أو الضغط المتراكم.

وبالنسبة لمحابس الشفط والتصريف للبحر ومحابس الجمة ومحابس صهاريج زيوت الوقود فيلزم لها أن تزود أيضا بوسائل التشغيل اليدوى بالطارة أو ترتيب مشابه.

- عندما يكون تشغيل محابس الصهاريج بدورات أيدرولية فلابد ايضا من وجود وسائل تشغيل يدوية لنفس المحابس (الصمامات) باستخدام مضخة يدوية يمكن توصيلها للدورة الايدرولية حيث تكون المواسير ممتدة لكل محبس (صمام) على حدة.

(د) البيان والعلامات :

(د - ١) : تكون تركيبات المحابس بحيث يمكن فى الحال ملاحظة ما اذا كان المحبس مفتوحا أو مغلقا.

- اذا لم تكن وظيفة أحد المحابس واضحة فى الدورة فلابد أن يتصل به لوح توصيف عليه المعلومات المناسبة للغرض من المحبس، أما التوصيلات فلابد من أن يوجد بيان عليها مباشرة.

١٠ - ٤ المضخات :

(أ) المتطلبات العامة :

(أ - ١) : ينبغى أن تتناسب المضخات مع الغرض المخصصة له، وتكون المواد المستخدمة فى صناعتها مقاومة للصدأ الذى قد يسببه السائل المضخوخ.

- لابد من وجود صمام أمان على المضخات الترددية وغيرها من مضخات الازاحة، وفى حالة المضخة المتداولة لسوائل مشتعلة فيكون التصريف من صمام الامان موصلا الى خط شفط

المضخة مرة ثانية.

(أ - ٢) : ينبغى أن تتطابق المواد المستخدمة فى صناعة أجزاء المضخات مع المواصفات القياسية المنصوص عنها للمواد.

- كذلك لابد أن تتطابق مواصفات المحركات الكهربية (الموتورات) مع المواصفات القياسية المحددة لها.

(أ - ٣) : يجرى على المضخات المبينة فيما يلى اختبار أيدرولى واختبار السعة بحضور خبير المعاينة :

- مضخات تبريد المحرك الرئيسى بالماء العذب.

- مضخات تبريد المحرك الرئيسى بماء البحر.

- مضخات الجمة (السنتينة، البلج).

- مضخات الصابورة.

- مضخات نقل زيت الوقود ومضخات التحضير (رفع الضغط).

- مضخات الخدمة لزيوت الوقود.

- مضخات تبريد صمامات حقن (حاقنات) الوقود.

- مضخات الخدمة لزيوت التزليق (الزيت) للمحرك الرئيسى.

- مضخات التكثيف الرئيسى.

- مضخات الهواء للمكثف الرئيسى.

- مضخات المداولة للمكثف الرئيسى.

- مضخات ماء التغذية.

- مضخات ماء المداولة للغلايات بالدوران المستحث.

- مضخات الحريق والمضخات الاضطرارية للحريق.

- مضخات ماء المداولة لبضاعة التبريد.

- مضخات البراين لبضاعة التبريد.

- المضخات الايدرولية لآلة الدفة والرحوية (كابستان) والرفاص متغير الخطوة والصمامات بالتشغيل الايدرولي.

- مضخات البضاعة للزيت وغيرها من المضخات اللازمة لتشغيل السفينة.

- ويجوز أن يتطلب الأمر أختبار ما تراه الهيئة ضروريا من المضخات بخلاف ما سبق.

- يجرى الاختبار الايدرولى على قراب (مبيت) المضخة، بخلاف مضخات بضاعة الزيت، حتى ١,٥ ضعف أقصى ضغط التشغيل، وعلى العموم فلا يستلزم الامر أن يزيد ضغط الاختبار عن ضغط التشغيل لاكثر من ٧٠ بار.

أما مضخات بضاعة الزيوت فتختبر حتى ١,٣ ضعف أقصى بار ويختبر جانب البخار ولا يجوز أن يقل ضغط الاختبار عن ١٤ بار ويختبر جانب البخار للمضخات المدارة بالبخار حتى ١,٥ ضعف ضغط البخار.

- يتم التحقق من سعة المضخة عند دوران المضخة بظروف التصميم (السرعة المقننة، علو رأسي، الضغط، والكثافة. الخ).

ويجوز الاستغناء عن اختبار السعة اذا كانت المضخات متوالية من مضخات سبق أختبار سعتها بشكل مرضٍ.

ولابد من تحديد خصائص المضخة (منحنيات العلو - والسعة) للمضخات المركزية التى لها سعة أقل من ١٠٠٠م٣/ساعة كل على حدة، ويتم تحديد الخصائص للمضخة على مدى مناسب

من أحوال التشغيل على كلا جانبى نقطة التصميم لكل مضخة.

١٠ ـ ٥ تركيبات المواسير والمضخات على السفن :

(أ) المتطلبات العامة :

(أ ـ١) : يجرى تحميل (اسناد) المواسير الثقيلة بحيث لا يقع وزن الماسورة على المكنة المتصلة بها.

ـ يتم تحميل (اسناد) المحابس والتجهيزات الثقيلة بحيث لا يتسبب وزنها فى اجهادات اضافية على المواسير المجاورة.

ـ ينبغى أن يكون تحميل (اسناد) شبكة المواسير بحيث لا ينشأ عنها اهتزازات خطيرة فى الشبكة.

(أ ـ٢) : يجب أن يتم تركيب شبكة المواسير بحيث يراعى أن حركتها الناشئة عن التمدد واختلاف الاطوال بين نقط الارتكاز بسبب انحناءات البدن لا تتسبب فى اجهادات غير مقبولة فى المواسير أو المكنة المجاورة، ولابد من ضمان وجود مرونة كافية فى شبكة المواسير باستخدام المواسير المحنية (الخيات) أو غيرها من ترتيبات المرونة المصممة فى الشبكة.

ـ عندما تتصل المواسير بمكنات أو تركيبات رجوعية فيلزم وجود مرونة كافية بين المكنات والمواسير.

(أ ـ٣) : تركب محابس الغلق (القطع) حيث تكون ضرورية، وفى حالة الوحدات المزدوجة فتراعى امكانية التفتيش أو الاستبدال لاحدى الوحدتين بدون أن تعيق تشغيل الدورة.

ـ لابد من تجنب تركيب مواسير الماء أو البخار أو الزيت خلف أو فوق لوحات التوزيع الكهربية بقدر الامكان، فاذا استحال ذلك فينبغى أن تكون كافة الشفائر أو غيرها من التوصيلات بين

المواسير على مسافة آمنة أو مجمعة جيدا من لوحات التوزيع.

(أ-٤) : يجب أن يتم تركيب كافة المضخات بحيث يسهل الوصول اليها للتفتيش والصيانة.

١٠ - ٦ المواسير الواقعة تحت ضغط :

(أ) ضغط التصميم ودرجة حرارة التصميم :

(أ-١) : يعتبر ضغط التصميم (ض) المستخدم فى معادلتى البندين التاليين (ب/٢، جـ/٢) هو أقصى ضغط تشغيل ولا يصح أن يقل عن الضغط الاقصى لمعايرة صمام الأمان أو وسائل التهوية.

- بالنسبة لمواسير البخار ما بين الغلاية والمحمص ومواسير البخار الممتدة من المحمص حيث التحكم فى صمام أمان المحمص بواسطة صمام إرشاد يجرى تشغيله بضغط البخار من اسطوانة البخار المشبع، فلابد أن يكون ضغط التصميم مساويا لضغط التصميم للغلاية.

وبالنسبة لمواسير البخار التى بدون صمام أمان ومقاييس ضغط على جانب الضغط المنخفض لصمامات تخفيض، فيتم اعتبار (ض) مساويا لجانب الضغط المرتفع على صمام التخفيض ذلك.

بالنسبة للمواسير المتصلة بمضخات فيتم اعتبار (ض) مساويا لأقصى ضغط تشغيل أى مساويا لضغط معايرة فتح صمام الامان لمضخات الازاحة وأقصى علو (راسى) بالنسبة لخصائص المضخة المركزية.

وعند تحديد أقصى ضغط تشغيل (ض) فلابد من اعتبار احتمالات التعاريج الحادثة فى خط مواسير المضخة.

- بالنسبة لمواسير التغذية فيتم اعتبار (ض) مساويا لحالة أكبر من ١,٢٥ ضعف ضغط تصميم الغلاية.. أو ضغط تصميم الغلاية + ٧ بار.

أ - ٢ : تتقرر فى العادة درجة الحرارة المستخدمة فى التصميم لتحديد الإجهاد المسموح به على أنها اقصى درجة حرارة للوسط المتدفق فى الماسورة ويمكن اعتبار درجة حرارة تصميم أخرى فى حالات مخصصة.

- بالنسبة للمواسير الفولاذ التى تقل درجة حرارتها عن ١٠٠ درجة مئوية فتقدر درجة حرارة التصميم مساوية ١٠٠ درجة مئوية، وبالنسبة لمواسير النحاس أو سبائك النحاس والتى تقل درجة حرارة تشغيلها عن ٥٠ درجة مئوية فتعتبر درجة حرارة التصميم مساوية ٥٠ درجة، وتكون درجة الحرارة للبخار المشبع مساوية لدرجة حرارة التشبع، أما بالنسبة للبخار المحمص وله تحكم يدوى فى درجة الحرارة، فتعتبر درجة حرارة التصميم على الأقل مساوية لدرجة حرارة البخار + ١٥ درجة مئوية، أما للإنشاءات ذات التحكم الآلى (الاوتوماتى) فى درجة حرارة البخار فيمكن اعتبار درجة التصميم فى العادة مساوية لدرجة حرارة البخار + ٥ درجات مئوية والمفروض أن أى تراوحات لدرجة حرارة أكثر من ١٥ درجة مئوية أو ٥ درجات مئوية فوق درجة حرارة التشغيل تكون مدتها قصيرة فى الحالتين.

(ب) مواسير النحاس وسبائكه :

(ب -١) : يبين جدول (١) درجات الحرارة القصوى المقبولة والاجهادات المسموحة لمواسير النحاس وسبائكه.

فاذا كان المقترح استخدام مواد أخرى غير المبينة فى الجدول، فلابد من تقديم مواصفات المواد لاقرارها، ولابد أن تبين المواصفات تفاصيل التكوين الكيماوى للمواد وخواصها الميكانيكية عند درجة حرارة التشغيل.

- ينبغى أن تكون المواد الخاصة بالمواسير النحاس خالية من الاكسجين ولا يقل محتوى النحاس عن ٩٩.٢٥٪.
- تكون كافة مواسير النحاس وسبائكه مسحوبة (غير ملحومة).
- لا يجوز استخدام مواسير النحاس أو سبائكه لمجموعة هواء البدء اذا زاد القطر الخارجى للماسورة عن ٥٠ مم.

ينبغى أن تكون المواسير من درجة (طرى) أو نصف ناشف حتى توفى متطلبات جدول (١) لاقل استطالة، وبالنسبة للمواسير المطلوب ثنيها (تكويعها) فلابد أن تسقى لدرجة سليمة.

(ب -٢) : لا يجوز أن تقل تخانة الجدار لماسورة مستقيمة أو مثنية عن :

ت = $ت_{خ}$ + ص مم

واذا كان المقصود ثنى الماسورة فلا تقل تخانة جدار الماسورة قبل الثنى عن:

ت + جـ مم

$ت_{خ} = \frac{ص \times ق}{٢ ج + ص}$ تخانة (المتانة) بالملليمتر حيث،

ض = ضغط التصميم

ق = القطر الخارجى

ج = الاجهاد المسموح به بالبار عند درجة حرارة التصميم

للمادة طبقا لجدول (١)، ويمكن تحديد القيم المتوسطة بالاستكمال الرياضى :

جـ ـ مسموح للحنى (تكويع)، فاذا لم يتم تحديد هذا المسموح بمنهج اكثر دقة، أو عندما لا يتم الثنى (التكويع) بمنهج يضمن التحكم فى استواء تخانة الجدران فلا يجوز أن يقل المسموح عن:

$$جـ = \frac{١ ق}{٢,٥ ك} ب. جـ مم$$

ك = نصف قطر التكويع الأوسط

وفى حالة عدم تحديد نسبة ق : ك فسوف تؤخذ على أنها ١ : ٣.

صـ = مسموح للصدأ

صـ = ٠,٨ مم للنحاس والنحاس الاصفر وسبائك النحاس والقصدير، وسبائك النحاس والنيكل التى بها نيكل أقل من ١٠٪.

صـ = ٠,٥ مم لسبائك النحاس والنيكل التى تحتوى على نيكل مساوٍ أو اكثر من ١٠٪ وتطبق معادلة (ت خـ) للمواسير التى لها نسبة التخانة للقطر ٠,١ أو اقل، اما للنسب الاكثر فتمنح اعتبارات خاصة.

- بالنسبة للموائع التى ليس لها تأثير صدئى مع مواد المواسير المستخدمة وفى حالات السبائك الخاصة ذات خاصية كافة المقاومة للصدأ، فمن الممكن تقليل مسموح الصدأ.

- فى التطبيقات الخاصة وفى الحالات التى تكون المواسير فيها معرضة للعطب أو غير ممكن النفاذ لها أثناء الخدمة، فيجوز أن يتطلب الامر تخانة مواسير اكبر من المقرر بالمعادلة السابقة، وتكون تخانة المواسير لخطوط دورة هواء البدء اكبر مما فى

المعادلة بمقدار ٥ ٪.

- لا يؤخذ فى حساب قيمة (ت) أى مسموحات صناعة بالسالب، وعلى ذلك فان التخانة الاعتبارية (الإسمية) للجدران

$$ت_١ = \frac{ت}{١ - \frac{م}{١٠٠}}$$

ت: اقل تخانة للجدار محسوبا من المعادلة السابقة.

م : النسبة المئوية للخلوص السالب المسموح به من الصناع.

- سوف تتطلب المواسير المعرضة لاحمال ميكانيكية استثنائية زائدة تخانة جدران أكبر من القيم المحددة فى جدول ٢

- بالنسبة لتخانة جدران المواسير الايدرولية فى صهاريج بضاعة الزيوت فى منظومات التحكم من بعد لمحابس بضاعة الزيوت فلا تقل عن ٣مم لنحاس الالمونيوم الاصفر، ٢مم لنحاس النيكل.

(ب -٤) : اذا كان ضغط التصميم فى الدورة ٧,٥ بار (كبد/سم ٢) أو أزيد فيجرى الصناع أختبار ايدرولى لكل ماسورة حتى ضغط.

$$ض = \frac{٢ ت ج_{٥٠}}{ق}$$

ت = التخانة الفعلية لجدار الماسورة مم.

ق = القطر الخارجى للماسورة مم.

$ج_{٥٠}$ = الاجهاد المسموح به للمعدن حتى درجة حرارة ٥٠ درجة مئوية طبقا لجدول (١) ولا يزيد ضغط الاختبار على أى حال عن ٧٠ بار (كبد/سم ٢) ما لم يتقرر خلاف ذلك.

جدول (١٠ - ١) الإجهادات المسموح بها ج فى مواسير

مادة الماسورة		نحاس طرى	نحاس نصف ناشف	نحاس الالمونيوم (+) أصفر	نحاس النيكل ٩٥/٩٫٥/١٠	نحاس النيكل ٧٠/٣٠
أقل قوة شد بار (كبد/سم ٢)		٢٠	٢٥	٣٣	٢٨٫٥	٣٩٫٥
اجهاد برهانى ٠٫٥٪ بار (كبد/سم ٢)		٦٫٥	١٦٫٠	١٢٫٥	١٤٫٠	١٤٫٠
الاجهاد المسموح به بوحدات بار (كبد/سم ٢) × عند مختلف درجة حرارة التصميم °م	حتى ٥٠	٤٢٠	٤٢٠	٨٠٠	٧٠٠	٨٣٠
	٧٥	٤٢٠	٤٢٠	٨٠٠	٧٠٠	٨١٠
	١٠٠	٤١٠	٤١٠	٨٠٠	٦٩٠	٧٩٠
	١٢٥	٤١٠	٤١٠	٨٠٠	٦٧٠	٧٧٠
	١٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٨٠٠	٦٥٠	٧٥٠
	١٧٥	٢٨٠	٣٧٠	٥٢٠	٦٣٠	٧٣٠
	٢٠٠	١٩٠	١٩٠	٢٥٠	٦٠٠	٧١٠
	٢٢٥			٥٧٠	٦٩٠	
	٢٥٠				٥٣٠	٦٧٠
	٢٧٥				٤٩٠	٦٥٠
	٣٠٠				٤٥٠	٦٣٠
أقل استطالة (*) ٪		٣٥	١٠	٣٠	٣٠	٢٥

(*) طول القياس هو $11.3\sqrt{م}$

حيث م = المساحة الاصلية للمقطع المستعرض للعينة أو الماسورة.

× يتم تخفيض الاجهادات المسموحة بمقدار ٥٠٪ للمواسير الناقلة للهواء المضغوط اذا كان الضغط نبضيا.

+ نحاس الالمونيوم أصفر به (نحاس ٧٦ ـ ٧٩ ، الومنيوم ١٫٨ ـ ٢٫٣ ، زرنيخ ٠٫٠٢ ـ ٠٫٠٦ ، والباقى خارصين)

- يمكن اعتماد شهادة الصناع عن اجراء الاختبار الايدرولى ولكن للمعاين الحق فى أى حال أى يطلب اعادة الاختبار بحضوره على ١٠ ٪ من المواسير فاذا أخفقت احدى المواسير فله أن يطلب اعادة اختبار كافة المواسير.

(جـ) مواسير الفولاذ :

(جـ -١) : يقرر جدولا ٤ ، ٥ الاجهادات المسموحة ودرجات الحرارة المقبولة للتصميم، ويمكن الحصول على القيم المتوسطة بالاستكمال الرياضى.

(ب -٣) : لا يجوز أن تقل تخانة الماسورة الاعتبارى عما هو محدد فى جدول (٢).

جدول (١٠ - ٢)

القطر الخارجى (ق) للماسورة بالمليمتر	أقل تخانة للجدار نحاس	الاعتبارى بالمليمتر سبائك نحاس
١٠ ≤ ق	١	٠,٨
٢٠ ≤ ق > ١٠	١,٢	١
٤٤,٥ ≤ ق > ٢٠	١,٥	١,٢
٧٦,١ ≤ ق > ٤٤,٥	٢	١,٥
١٠٨ ≤ ق > ٧٦,١	٢,٥	٢
١٥٩ ≤ ق > ١٠٨	٣	٢,٥
٢٦٧ ≤ ق > ١٥٩	٣,٥	٣
٤٥٧,٢ ≤ ق > ٢٦٧	٤	٣,٥
٤٧٠ ≤ ق	٤	٣,٥
٥٠٨ ≤ ق	٤,٥	٤

- بالنسبة للمواسير المارة خلال صهاريج، فلابد من اضافة مسموح زائد للصدأ الخارجى طبقا لنفس المقادير المبينة بالجدول حسب نوع الوسط الخارجى.

- بالنسبة للمواسير المحمية تماما ضد الصدأ، فمن الممكن انقاص مسموح الصدأ بمقدار ٥٠ ٪ بموافقة هيئة المعاينة.

جدول رقم (١٠ ـ ٣)

مسموح الصدأ (صـ) لمواسير الفولاذ

شبكة (دورة) المواسير	صـ (مم)
بخار محمص	٠,٣
بخار مشبع	٠,٨
ملفات البخار فى صهاريج البضاعة	٢,٠
مياه التغذية للغلاية فى الدورات المفتوحة	١,٥
مياه التغذية للغلاية فى الدورات المغلقة	٠,٥
مواسير النفض (الغلاية)	١,٥
هواء مضغوط	١,٠
زيت ايدرولى	٠,٣
زيت تزليق (تزييت)	٠,٣
زيت وقود	١,٠
زيت بضاعة	٢,٠
غ. ب. م (غاز البترول المسال)	٠,٣
سوائب (موائع) التبريد	٠,٠
ماء عذب	٠,٨
ماء بحر بوجه عام	٣,٠

- فى حالة استخدام سبائك فولاذ خاصة لها مقاومة كافية للصدأ فمن الممكن انقاص مسموح الصدأ الى صفر بموافقة هيئة المعاينة.
- بالنسبة للمواسير التى يحتمل أن تتعرض لمخاطر الصدأ الشديد، فقد يطلب مسموح أكبر للصدأ.

(جـ ـ٢) : لا يجوز أن تقل التخانة الصغرى لجدار ماسورة مستقيمة أو محنية (مكوعة) عن :

$$ت = ت_{خـ} \times ص$$

فاذا كانت الماسورة مجهزة للثنى فلا تقل تخانة جدارها قبل الثنى عن

ت + حـ حيث

ت خـ = $\frac{\text{ض} \times \text{ق}}{\text{٢ ج ث + ض}}$ تخانة (المتانة)

ض= ضغط التصميم بار (كبد/سم ٢)

ق = القطر الخارجى مم

ج = الاجهاد المسموح بالبار عند درجة حرارة التصميم للمادة.

وسوف يتأسس مقدار (ج) على القيمة الاقل للمعيار التالى :

$$\frac{\text{ج ذ}}{\text{٢,٧}} \text{ أو } \frac{\text{ج خـ}}{\text{١,٨}} \text{ أو } \frac{\text{ج كـ}}{\text{١,٨}}$$

حيث ج ذ = أقل قوة شد محددة للمادة عند ٢٠ درجة مئوية.

ج خـ = أقل اجهاد خضوع محدد للمادة أو ٠,٢ ٪ لاجهاد البرهان عند درجة حرارة التصميم للمادة.

ج كـ = القيمة المتوسطة للاجهاد أو الكسر بعد ١٠٠٠٠٠ ساعة عند درجة حرارة التصميم للمادة.

واذا زادت درجة الحرارة عن ٣٥٠ درجة مئوية، فللهيئة أن توافق على تطبيق معيار آخر خلاف السابق اذا تحدد ج.

ت = ١ للمواسير بدون دسرات

ت = ١ للمواسير الملحومة من مؤسسات معتمدة فى كفاءتها للمواسير التى بدون لحام

ت = ٩. للمواسير الملحومة من مؤسسات معتمدة

حـ = مسموح الحنى (التكويع)، فاذا لم يتم تحديد هذا المسموح بمنهج اكثر دقة أو عندما لا يتم الثنى بمنهج يضمن التحكم فى

استواء تخانة الجدران فلا يجوز أن يقلل المسموح عن :

$$ح = \frac{١}{٢,٥} \; \frac{ق}{ك} \; ت_{خ} \; مم$$

ك = نصف قطر التكوير الأوسط

وفى حالة عدم تحديد نسبة $\frac{ق}{ك}$ فسوف تعتبر ١ : ٣

ص = مسموح الصدأ طبقا لجدول (٣)

- تعتبر معادلة حساب $ت_{خ}$ معتمدة للمواسير التى لها نسبة تخانة للجدار الى القطر المساوى ٠,١ أو أقل، وللمقادير الاعلى فلابد من اعتبار حسابات خاصة.

- لا يؤخذ فى حساب قيمة (ت) أى مسموحات صناعية بالسالب، وعلى ذلك فلا تقل التخانة الاعتبارية للجدار $ت_{١}$ عن :

$$ت_{١} = ١ - \frac{م}{١٠٠}$$

ت = أقل تخانة للجدار محسوبا من المعادلة العامة

م = النسبة المئوية للخلوص السالب المسموح به من الصناع

- لا يجوز أن تقل تخانة جدار ماسورة رئيسية عند وصلة فرعية عن:

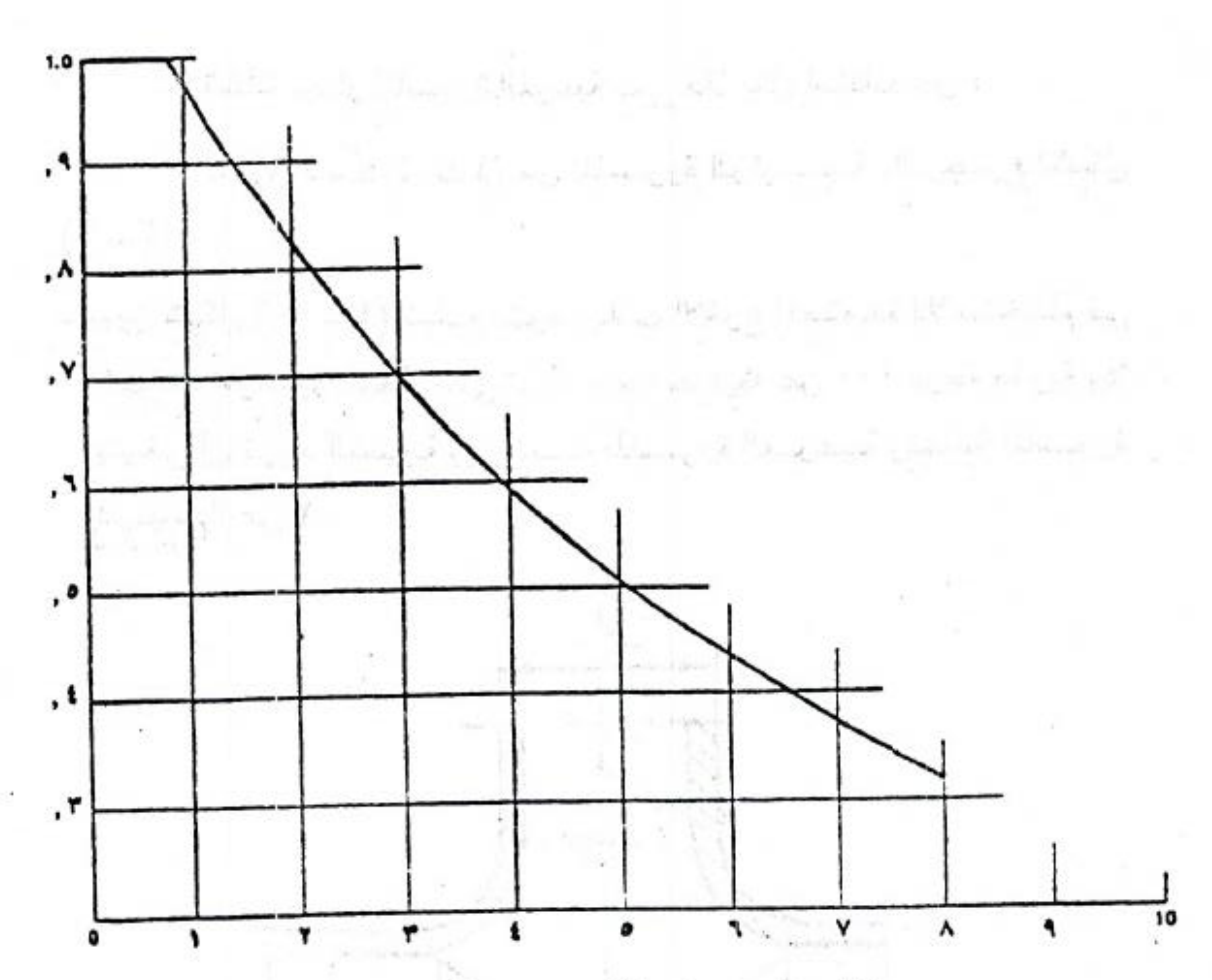
$$ت = ت_{خ} + صـ \; مم$$

$$ت_{خ} = \frac{ض \times ق}{٢ \; ج \; ث + ض}$$

ض، ق، ج، صـ هى نفس المقادير المستخدمة فى المعادلة (جـ/٢)

ث = هى نسبة المتانة من المعادلة

$$ث = ث_{١} \; جا١ \; \frac{١,٢٥}{\frac{ق \, (اكبر) - ق \, (اصغر)}{٢ \; ق \, (اصغر)} + ١,٢٥}$$



شكل ١٠ ـ ٢ : العلاقة بين النسبة الاساسية
للمتانة (ت) مع معطيات الاقطار

$$\frac{\text{ق ن}}{\sqrt{\text{ق} - \text{ث ن}}}$$

ث١ = النسبة الاساسية للمتانة، ويبين شكل (١٠ ـ ٢) مدى تغيرها مع المعطيات ق ب ق

١ = الزاوية بين خطى منتصف الماسورة الرئيسية والماسورة الفرعية ولا يجوز أن تقل عن ٤٥ مئوية.

ق (اكبر)، ق (اصغر) = القطر الاكبر والاصغر على التوالى للفتحة البارزة فى الماسورة الرئيسية بالرجوع لشكل (١٠ ـ ٣).

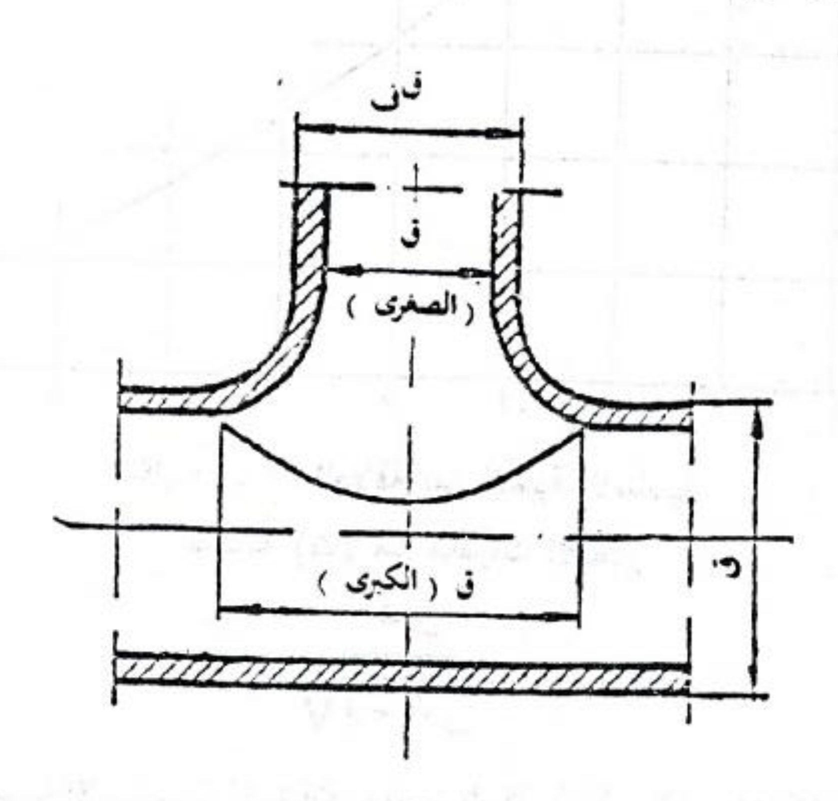
ويجب أن يكون لتخانة جدار الماسورة الرئيسية ت جـ امتداد لا يقل عن :

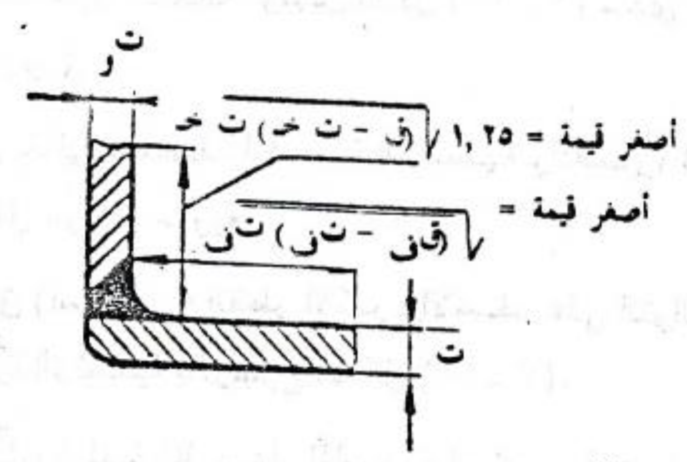
(ق ـ ت خـ) ت خـ من الفرع بالرجوع لشكل (١٠ ـ ٣).

أما تخانة جدار الماسورة الفرعية تخ فلا يقل امتداده عن :

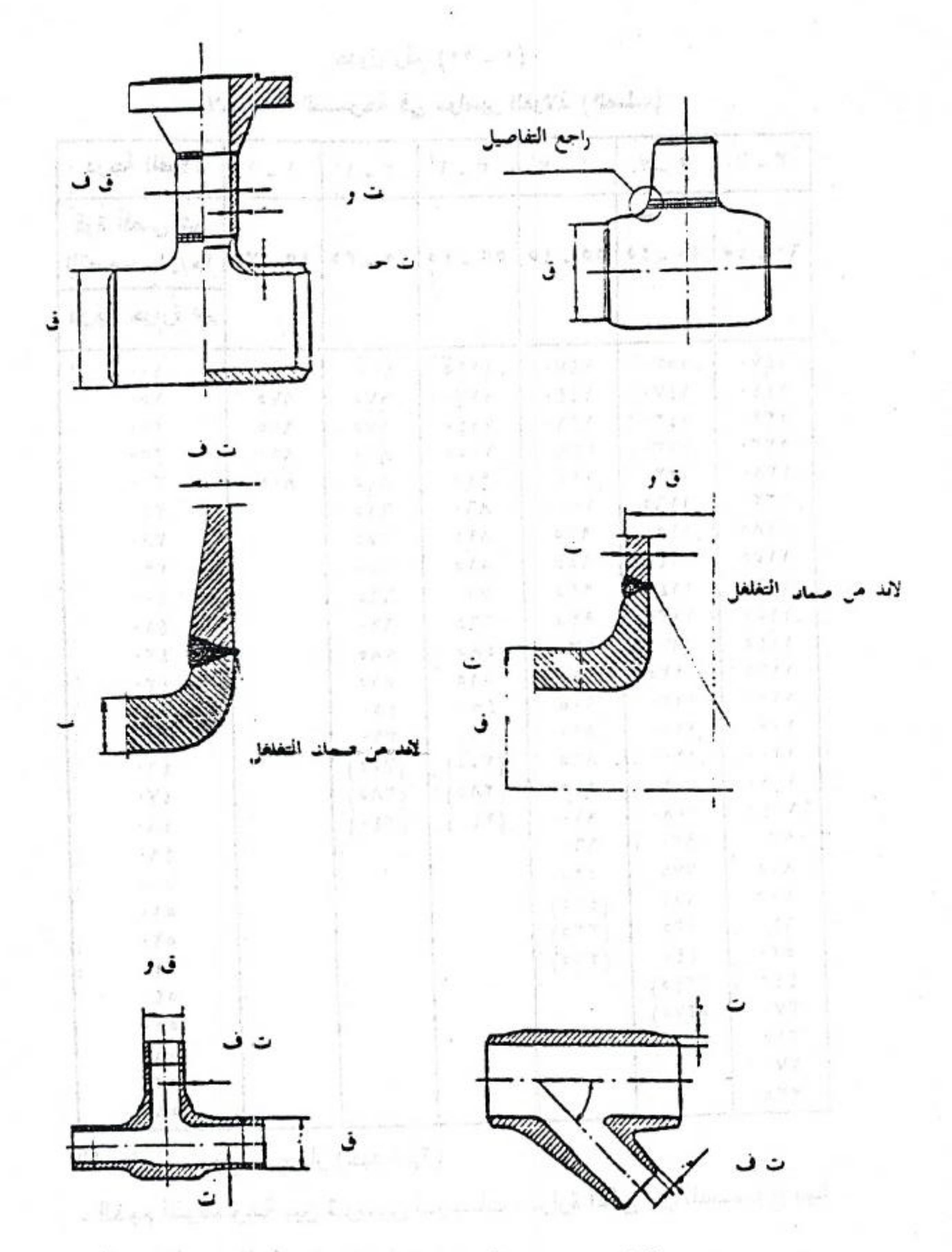
١,٢٥ (ق ذ ـ ت ذ، ت ذ) من الماسورة الرئيسية بالرجوع لشكل (٩ ـ ٣).

ـ يبين شكل (١٠ ـ ٤) نماذج لتوصيلات الافرع المعتمدة للاستخدام فى شبكات مواسير البخار التى تزيد درجة حرارته عن ٤٠٠ درجة مئوية ولا ينبغى أن تزيد النسبة بين تخانة الماسورة الفرعية وتخانة الماسورة الرئيسية عن ٢.





شكل ١٠ ـ ٣ : وضع الاقطار الصغرى والاقطار الكبرى فى التفريعات



شكل ١٠ ـ ٤ : نماذج لوصلات التفريعات المعتمدة

جدول رقم (١٠ ـ ٤)

الاجهادات المسموحة فى مواسير الفولاذ (الصلب)

درجة الفولاذ	١ ـ ١	١ ـ ٢	١ ـ ٣	٧ ـ ١	٧ ـ ٢	٧ ـ ٣
قوة أقصى شد للتصميم بار/م٢	٣٤ ـ ٤٥	٣٥ ـ ٤٥	٤٥ ـ ٥٥	٤٥ ـ ٥٥	٤٥ ـ ٥٨	٤٥ ـ ٦٠
درجة حرارة ٥م						
١٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١١٩٥	١٤٧٠	١٥٣٠	١٤٧٠
١٥٠	٩٧٥	٩٧٥	١١٧٠	١٤٤٠	١٤٧٠	١٤٤٠
٢٠٠	٩٧٥	٩٧٥	١١٤٠	١٣٩٠	١٤٢٠	١٣٩٠
٢٥٠	٨٩٠	٨٩٠	١٠٥٥	١٢٨٠	١٣٣٠	١٣٣٠
٣٠٠	٨٠٥	٨٠٥	٩٤٥	١١١٠	١٢٢٠	١٢٨٠
٣٥٠		٦٩٥	٨٦٠	١٠٠٠	١١٦٥	١٢٢٠
٣٨٠		٦٧٥	٨٢٥	٩٦٥	١١٥٠	١١٨٥
٣٩٠		٦٧٠	٨١٥	٩٥٥	١١٤٥	١١٧٥
٤٠٠		٦٦٥	٧٥٠	٩٤٥	١١٤٠	١١٦٥
٤١٠		٦٦٠	٦٦٥	٩٣٥	١١٣٥	١١٥٥
٤٢٠		٥٨٥	٥٨٥	٩٣٥	١٣٠	١١٤٥
٤٣٠		٥١٥	٥١٥	٩١٥	١١٢٥	١١٣٥
٤٤٠		٤٥٠	٤٥٠	٩٠٥	١١٢٠	١١٢٠
٤٥٠		٣٩٠	٣٩٠	٨٩٠	١١١٠	١١١٠
٤٦٠		(٣٣٥)	(٣٥٥)	٨٦٥	١١٠٠	١١٠٠
٤٧٠		(٢٨٥)	(٢٨٥)	٨٤٥	١٠٩٠	١٠٩٠
٤٨٠		(٢٤٠)	(٢٤٠)	٨١٠	١٠٨٠	١٠٤٥
٤٩٠				٦٦٠	٩٢٠	٩٣٠
٥٠٠				٥٢٥	٧٧٥	٨٠٥
٥١٠				(٤١٥)	٦٥٥	٧٠٥
٥٢٠				(٣٣٥)	٥٣٥	٦١٠
٥٣٠				(٢٦٥)	٤٤٠	٥٣٠
٥٤٠					(٣٤٥)	٤٤٥
٥٥٠					(٢٧٥)	٣٧٠
٥٦٠					(٢٢٥)	٣١٥
٥٧٠						٢٧٠
٥٨٠						٢٣٥

الاجهاد المسموح به ج بار (كبد /م٢)

ـ القيم الموضوعة بين قوسين لدرجات حرارة أعلى من المسموح بها للتشغيل معطاه كمعلومات فحسب.

جدول رقم (١٠ ـ ٥)

خسائر العلو الرأسى مقدرة بالمتر لكل ٣٠ متر.

سريان فى ماسورة مستقيمة

معدل التدفق	قطر الماسورة بالمليمتر							
لتر / ثانية	٣٥	٣٨	٥٠	٦٥	٧٥	١٠٠	١٢٥	١٥٠
٠,٧٥	٤,٠٥	٠.٥١٦	٠.١٧١					
١,٥٠	١٥,٥	١,٩٩	٠.٤٨٦	٥,١٥١				
٢,٢٥		٤,٥٠	١,٠٧	٠,٤٥٠	٠.١٤٣			
٣,٠٠		٧,٩٢	١,٨٣	٠,٦١٠	٠,٢٤٦			
٣,٧٥		١٢,١٠	٢,٨٣	٠.٩١٥	٠,٣٥			
٤,٥٠		١٧,٣٦	٤,١	١,٣١٠	٠.٥٤٨	٠,١٢١		
٥,٢٥		٢٤,٨٠	٥.٤٩	١.٨٠	٠.٧٥	٠.١٦٧		
٦,٠٠			٧.٣	٢.٢٨	٠,٩٤	٠.٢١٦		
٦.٧٥			٦.١	٢.٨٣	١.١٨٥	٠.٢٤١	٠,٨٨٤	
٧.٥٠			١١.٣	٣.٦٥	١.٢٢	٠.٣٣٨	٠,١١	٠,٠٤٨
٠٠٠٠			١٥.٥	٥.٠٥	٢.٠٧	٠,٤٨٦	٠,١٥١	٠.٠٦٧
١٠.٥			٢١ .	٦.٧	٢.٧٧	٠,٦٥٠	٠,٢٠٠	٠.٩
١٢				٨.٨٤	٣.٦٥	٠.٨٤٠	٠.٢٦٥	٠,١٢١
١٣.٥				١٠.٩٥	٤.٥٤	١.٠٣	٠.٣٥	٠.١٥١
١٥.				١٣.٧٠	٤.٩٠	١.٢٩٥	٠.٠٤١	٠,١٨١
١٨.٧٥				٢١,٣٠	٨,٤٠	١.٩٦	٠,٦٢	٠,٢٧٤
٢٢.٥٠					١٢.٢٠	٢,٨٤	٠,٩١	٠,٣٩٦
٢٦.٢٥					١٦.١٥	٣.٨	١.٢١	٠,٥٣
٣٠.٠٠						٥.٣٧	١,٥٨	٠,٧
٣٣,٧٥						٦,١٠	١.٩٩	٠,٨٥
٣٧,٥٠						٧,٦	٢,٤٢	١,٠٣
٤٥,٠٠						١٠,٣	٣,٤٥	١,٤٦
٥٢,٥٠							٤,٦٩	١,٩٨
٦٠,٠٠							٥,٩	٢,٥٣

جدول رقم (١٠ ـ ٦) (الطول المكافىء للتجهيزات)

خسائر الفقد فى التجهيزات والتكويعات

بما يكافئه من اطوال المواسير المستقيمة

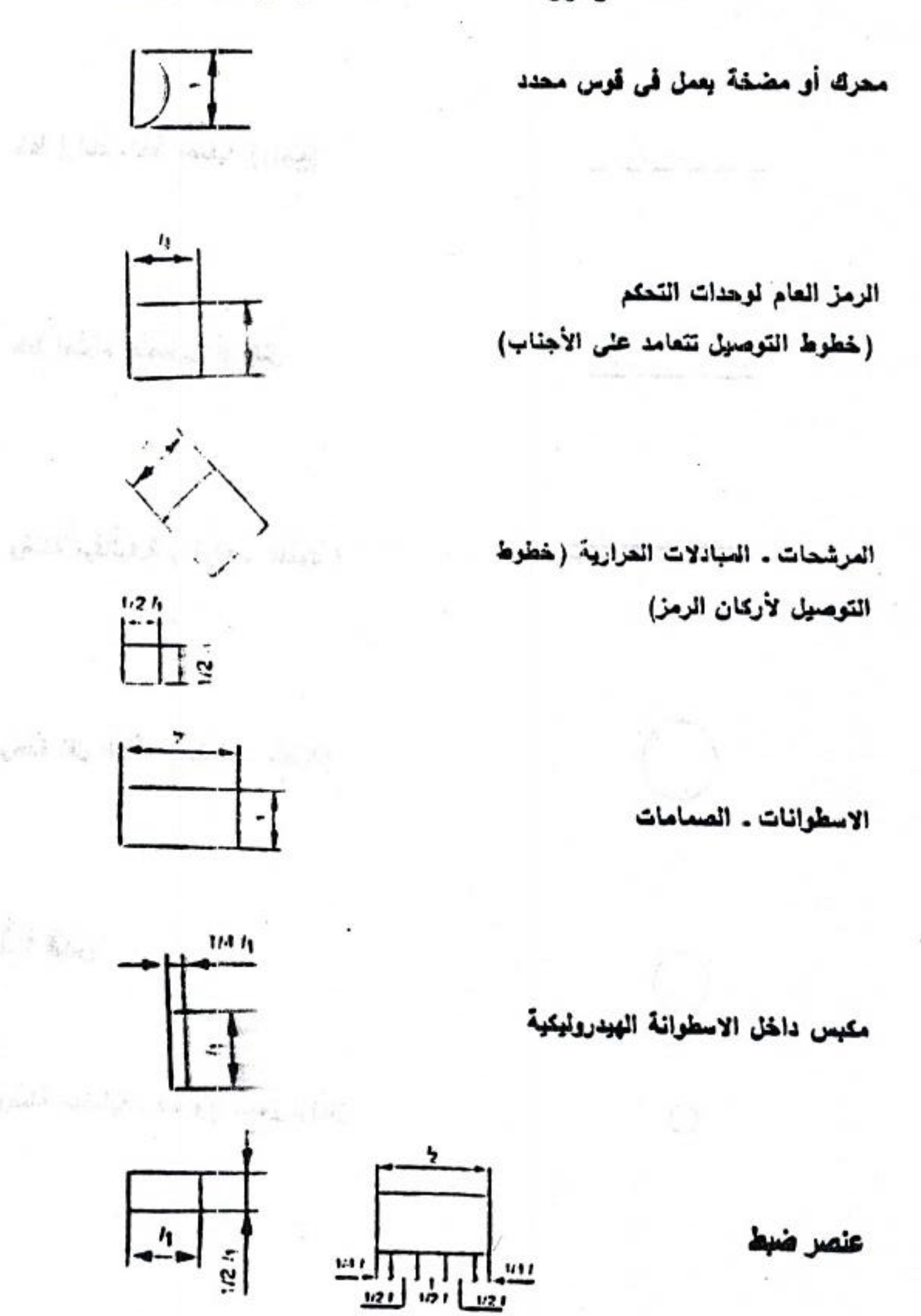
قطر الماسورة	رأس (علو) السرعة	رأس (علو) السرعة للمدخل على شكل بوق	انحناء	صمام قدم	صمام غير رجاع (لا رجعى)	محبس تصريف مفتوح لآخره	مصفاة	تفريعات وأكواع
٢٥	١,٣٧	٠٪ ٨٢	٠,٧٦	٠,٢٤	٠,٣٠٥	٠,٢٤	٠,٠٩١	٠,٨٣
٢٨	٢,٢	١,٣١	١,١٣	٣٦	٠,٤٩	٠,٣٦	٠,١٥٢	٠,٣١
٥٠	٣,٠	١,٨	١,٥٢	٠,٥٢	٠,٧	٠,٥٢	٠,٢١٤	١,٨
٦٥	٣,٨	٢,٣١	١,٩٥	٠,٦٤	٠,٨٥	٠,٦٤	٠,٢٧٥	٢,٣١
٧٥	٤,٧٥	٢,٨٦	٢,٤٤	٠,٧٩	١,٠٦	٠,٧٩	٠٪٣٠٥	٢,٨٧
١٠٠	٦,٤	٣,٩٦	٣,٣	١,١٠	١,٤٣	١,١٠	٠,٧	٣,٩٦
١٢٥	٨,٥	٥,٢	٤,٢٧	١,٤٣	١,٨٦	١,٤٣	,٥٨٠	٥,٢
١٥٠	١٠,٣	٦,٤	٥,٢٧	١,٧٦	٢,٣١	١,٧٦	,٧٠٠	٦,٤

جدول رقم (١٠ - ٧)

للتحويل من الوحدات المتغايرة

التغيير من	الى	اضرب فى	للحصول على العكس اضرب فى
ملليمتر (مم)	بوصة	٠,٠٣٩٤	٢٥,٤
سنتيمتر (سم)	بوصة	٠,٣٩٤	٢,٥٤
ديسيمتر	بوصة	٣,٩٤	٠,٢٥٤
متر (م)	ياردة	١,٠٩٤	٠,٩١٤
ملليمتر مربع (مم ٢)	بوصة مربع	٠,٠٠١٥٥	٦٤٥,٢
سنتيمتر مربع (سم ٢)	بوصة مربعة	٠,١٥٥	٦,٤٥٢
متر مربع (م ٢)	قدم مربع	١٠,٧٦٤	٠,٠٩٢٩
سنتيمتر مكعب (سم ٣)	بوصة مكعب	٠,٠٦١٠٢	١٦,٣٨٧
ديسيمتر مكعب	بوصة مكعب	٦١,٠٢	٠,٠١٦٤
ديسيمتر مكعب	لتر	١	١
متر مكعب (م ٣)	لتر	١٠٠٠	٠,٠٠١
متر مكعب (م ٣)	قدم مكعب	٣٥,٣١	٠,٠٢٨٣
لتر	جالون انجليزى	٠,٢	٤,٥٤٠
لتر	جلون أمريكى	٠,٢٦٤	٣,٧٨٥
كيلو جرام (كجم)	طن عالمى	٠,٠٠١	١٠٠٠
طن عامى	طن (انجليزى)	٠,٩٨٤٣	١,٠١٦٠
كيلو جرام (كجم)	رطل	٢,٢٠٥	٠,٤٥٤
كيلو جرام /سنتيمتر مربع (كجم/سم٢)	طن/بوصة مربعة	٠,٠٠٦٣٥	١٥٧,٤٨٨
كيلو جرام /سنتيمتر مربع (كجم/سم٢)	رطل/بوصة مربع	١٤,٢٢٢	٠,٠٧٠٣
كيلو جرام /مليمتر مربع (كجم/مم٢)	طن/بوصة مربع	٠,٦٣٥	١,٥٧٥
كيلو جرام /متر (كجم/متر)	قدم/رطل	٧,٢٣٣	٠,١٣٨
كيلو جرام متر/سنتيمتر مربع (كجم م/سم٢)	قدم رطل/بوصة مربعة	٤٦,٦٧	٠,٠٢١٩
كيلو جرام متر مربع (كجم م٢)	قدم رطل مربع	٢٣,٧٣	٠,٠٦٢٢
درجة مئوية	فارنهايت	٩/٥ واضافة ٣٢	طرح ٣٢ والضرب فى ٥/٩

١٠ ـ ٧ قائمة الرموز المستخدمة فى الدوائر الهيدروليكية



محرك أو مضخة يعمل فى قوس محدد

الرمز العام لوحدات التحكم
(خطوط التوصيل تتعامد على الأجناب)

المرشحات ـ المبادلات الحرارية (خطوط
التوصيل لأركان الرمز)

الاسطوانات ـ الصمامات

مكبس داخل الاسطوانة الهيدروليكية

عنصر ضبط

الخط المتصل

خط زيت رئيسى أو خط توصيل كهرباء

خط إرشاد . خط تصفية (راجع)

خط احتواء لعنصرين أو أكثر

وصلة ميكانيكية (ذراع . عامود)

وحدة نقل طاقة (مضخة . محرك)

أداة قياس

وصلة مفصلية . دحروج محور ارتكاز

قياس حرارة أو تحكم فى الحرارة

وحدة ادارة (محرك) M

بـــــاى

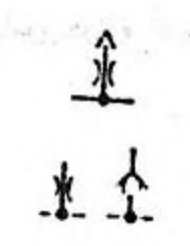
خـــانق

قاعدة صمام عدم رجوع 90°

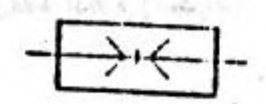
نقاط توصيل فى خط التدفق $0{,}2\,h_1$

خطوط غير متصله

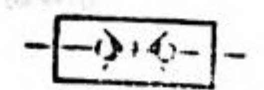
وصلة مرنة (خرطوم)



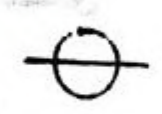
فتحة تهوية



وصلة محكمة سريعة الفك

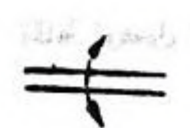


وصلة محكمة سريعة الفك مزودة بصمام
عدم رجوع

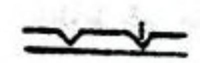


وصلة دوارة

عامود ذو حركة خطية



عامود ذو حركة دورانية



تجاويف لتحديد مشوار الحركة

إمكانية ضبط وتغيير فى الصمامات
والمحركات والبابات

كهربــــــاء

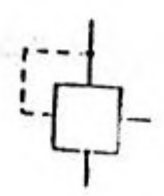
وصلة مغلقة الطرف

تحريك العنصر بالكهرباء

تشغيل بالضغط

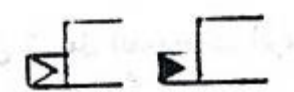
بالضغط مع اختلاف المساحات المعرضه

خط التحكم الداخلى

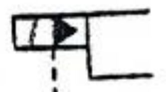


خط التحكم الخارجى

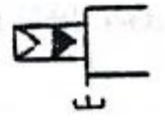
تشغيل بالهواء/بالزيت



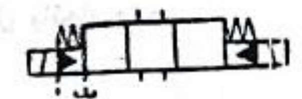
تشغيل بالزيت على مرحلتين



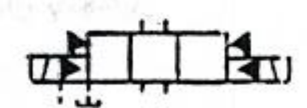
• على مرحلتين كهرباء ثم زيت



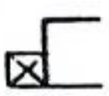
• على مرحلتين هواء ثم زيت



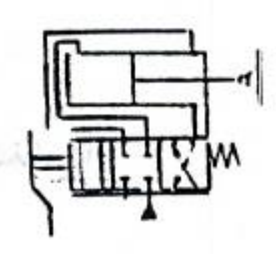
تشـغـيل على مـرحلتين كـهـربى ثم هيدروليكى ، ياى للإعادة



مـرحلتين كهربى ثم هيدروليكى وإعـادة هيدروليكية



إعادة العنصر لوضعه الطبيعى باستغلال مؤثر خارجى



اعـادة العنصر لوضـعـه الطبيـعى بتـغـذية عكسية داخلية

طرق تشغيل الصمامات الرمز العام

تشغيل بمقبض دفع

تشغيل بمقبض جذب

مقبض جذب ودفع

ذراع تشغيل يدوى

بدال باتجاه واحد

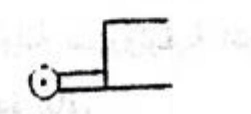
بدال باتجاهين

تشغيل بعامود دفع

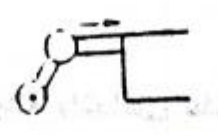
عامود دفع مع تحديد المشوار

تشغيل بياى

تشغيل بدحروج «بكرة»

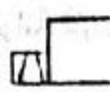


بكرة مع ذراع دفع



تشغيل كهربى باتجاه واحد

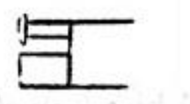
تشغيل كهربى فى اتجاهين



فى اتجاهين مع إمكانية ضبط



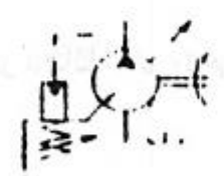
وسيلتين للتشغيل على التوازى



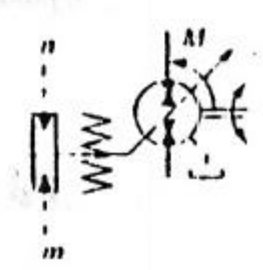
وحدة تشغيل هيدروليكية مدمجة (مضخة محرك)

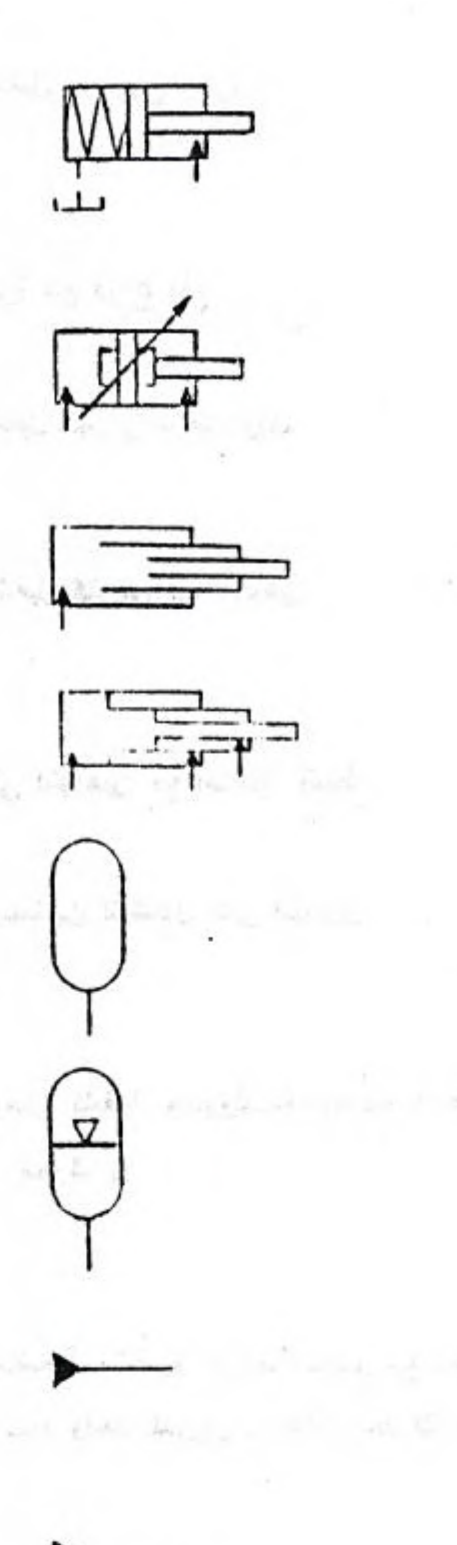


مضخة متغيرة الإزاحة تغيير مع الضغط اتجاه واحد للدوران - اتجاه واحد للتدفق



مضخة/ محرك متغير الإزاحة تغيير مع الضغط اتجاهين للدوران - اتجاهين للتدفق مع خط راجع للتسرب الداخلى





اسطوانة هيدروليكية اتجاه واحد للتشغيل
إعادة بياى

اسطوانة باتجاهين للتشغيل تخميد متحكم
فيه فى الاتجاهين

اسطوانة تليسكوبية اتجاه تشغيل واحد

اسطوانة تليسكوبية اتجاهين للتشغيل

مركم بدون ضغط ابتدائى

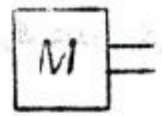
مركم به غاز مضغوط

مصادر الطاقة هيدروليكية

هواء مضغوط

محرك كهربى

وحدة ادارة ماعدا المحرك الكهربى



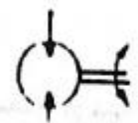
مضخة ثابتة الإزاحة

مضخة ثابتة الإزاحة
اتجاه تدفق واحد
اتجاه دوران واحد

مضخة متغيرة الإزاحة اتجاهين للتدفق
اتجاه دوران واحد لها خط راجع للتسرب
الداخلى



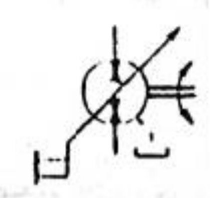
محرك هيدروليكى ثابت الحجم الهندسى
اتجاهين للتدفق - اتجاهين للدوران



مضخة/محرك ثابت الإزاحة
اتجاه تدفق واحد - اتجاه دوران واحد

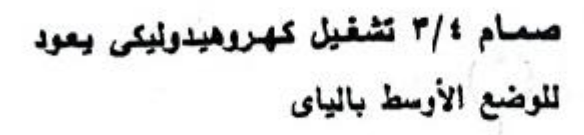


محرك/مضخة متغير الإزاحة
اتجاهين للتدفق - اتجاهين للدوران
خط راجع للتسرب الداخلى





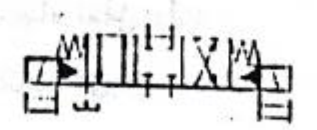
محرك هيدروليكى محدود زاوية الحركة



صمام ٤/٣ تشغيل كهروهيدروليكى يعود للوضع الأوسط بالياى



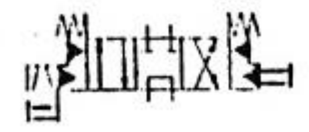
الشكل المبسط للصمام السابق



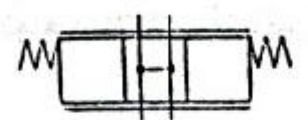
صمام ٤/٣ يعود للوضع الأوسط بالضغط الهيدروليكى



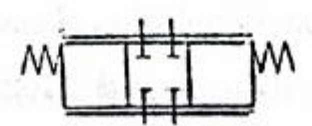
الشكل المبسط للصمام السابق



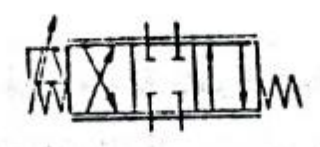
صمام توجيه مستمر التعديل تراكب سلبى



صمام توجيه مستمر التعديل تراكب موجب

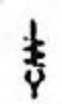


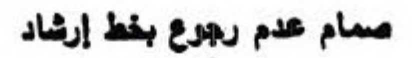
صمام تناسبى ٤/٣



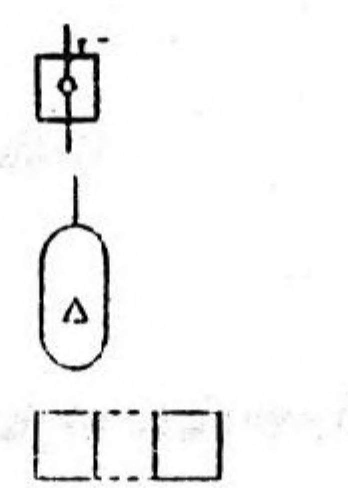
صمام عدم رجوع

صمام عدم رجوع بياى





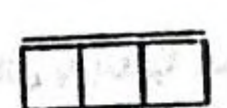
صمام عدم رجوع بخط إرشاد



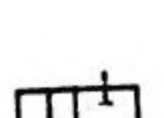
خزان غاز

صمام تحكم توجيهى له وضعين والوضع الأوسط انتقالى

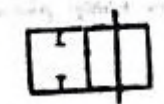
صمام ذو وضعين مع تحكم تدريجى فى الزلاق



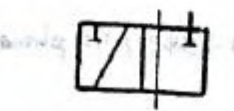
صمام بثلاثة أوضاع مع تحكم تدريجى للزلاق



صمام ٢/٢ وضعه الطبيعى مغلق



صمام ٢/٢ وضعه الطبيعى مفتوح



صمام ٣/٢ وضعه الطبيعى مفتوح

صمام ٢/٢

صمام ٣/٢ مع بيان الوضع الانتقالى

صمام ٥/٢ يعمل بالضغط من الناحيتين

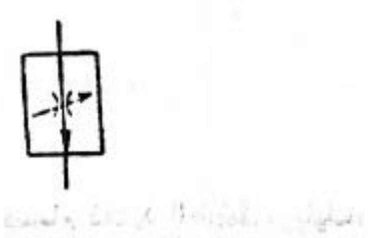
خانق به امكانية ضبط التدفق

صمام غلق (محبس)

صمام ابطاء سرعة

خانق مع صمام عدم رجوع

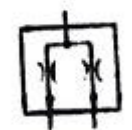
صمام تحكم ذو اتجاهين تعويض تغير الضغط



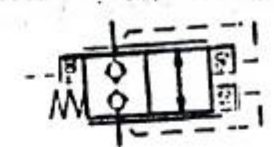
صمام تحكم ذو اتجاهين تعويض تغير الحرارة والضغط

صمام تحكم ذو اتجاهات ثلاثة

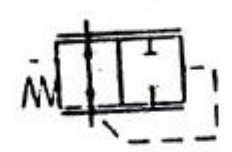
مقسم التدفق



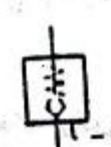
صمام تحكم منطقى «توافقى»



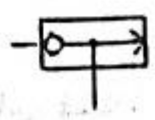
صمام تحكم توافقى فى التدفق



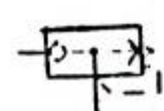
صمام عدم رجوع بخط ارشاد

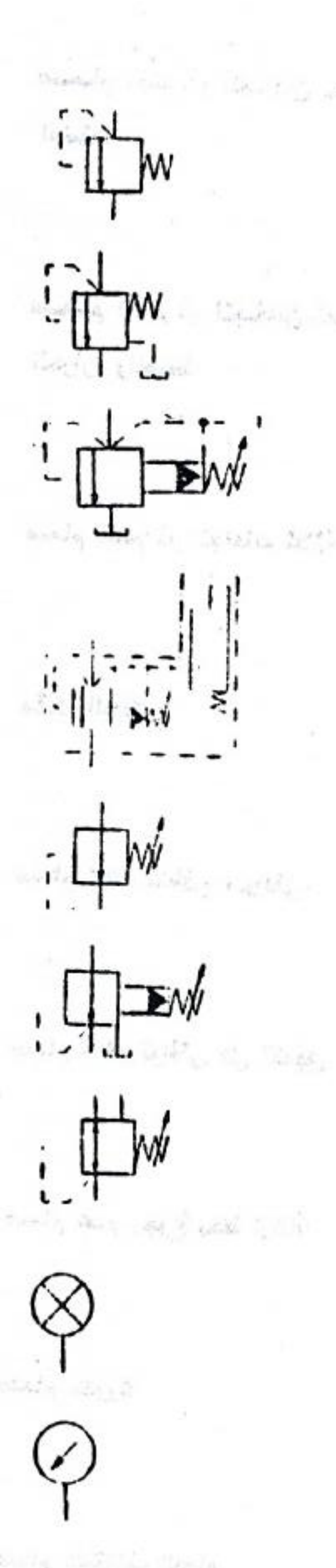


صمام مكووك



صمام استنزاف الهواء







صمام تحديد الضغط «ريليف»
بخط ارشاد داخلى
صمام ريليف بخط ارشاد وإعادة داخلى
صمام ريليف ـ بوسيلة تشغيل كهربية ـ
وخط ارشاد خارجى للإعادة
صمام تخفيض الضغط بخط ارشاد داخلى
صمام تخفيض ضغط بخط إعادة خارجى
صمام تخفيض ضغط ذو اتجاهات ثلاثة
عداد قياس عام
مقياس ضغط
مقياس ضغط فرقى



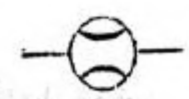
مقياس مستوى السائل



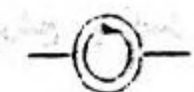
مقياس حرارة



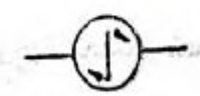
رجاجة بيان التدفق



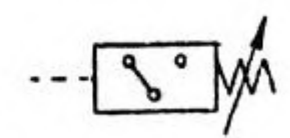
مقياس تدفق



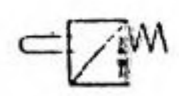
مقياس عدد اللفات



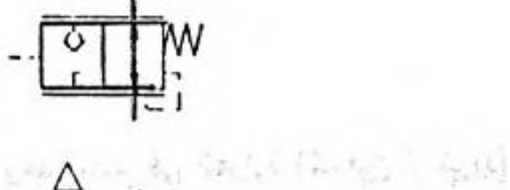
مقياس العزم



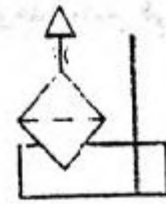
مفتاح ضغط هيدرو- كهربى



مفتاح نهاية الحركة (مفتاح حدى)



صمام توجيه تناسبى ٢/٢

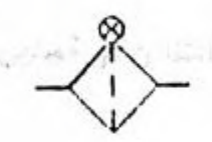


خزان زيت به فتحة تنفيس

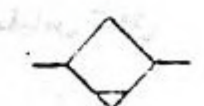
خزان ضغط



مرشح



مرشح به مبين للانسداد



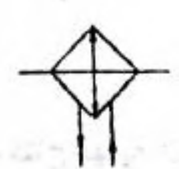
فاصل شوائب



مرشح مع فاصل شوائب



وحدة تحضير تحوى (فاصل شوائب صمام
تخفيض ضغط ـ عداد ضغط)



مبـــــرد



سخــــان



وحدة تحكم فى الحرارة (تسخين / تبريد)

فهـــرس المصطلحـــات

انجليزى/ عربى

(A)

Abrasion wear	تآكل حاك
Absolute pressure	الضغط المطلق
Absolute velocity	سرعة مطلقة
Air chamber	اسطوانة (غرفة) الهواء
Air evacuation	تفريغ (استنزاف) الهواء
Air leakage	تسريب الهواء
Air vent	منفث الهواء
Atmospheric pressure	الضغط الجرى
Auto clean filter	المرشحات ذاتية التنظيف
Automatic priming valve	صمام تحضير ذاتى
Axial propeller pumps	المضخات المحورية
Axial thrust	دفع محورى

(B)

Baffle plate	لوح (صحن) إعتراض
Ball valve	صمام كروى
Basic units	وحدات أساسية
Bearings overheating	التهاب المحامل
Bearings	المحامل (الكراسى)
Bellow pump	مضخة رق (رداخ)
Belt drive	دوران بالسير

Bed plate	لوح القاعدة (فرش)
Blade	ريشة
Blind flange	قرص أعمى
Bourdon gauge	مقياس بوردون
Butterfly valve	محبس الفراشة
By bass	ممر تحويل

(C)

Calvainc	فعل جلفانى
Casing types	قرابات (جراب) انواعها
Capacity reduction	تناقص السعة
Cavitation	تكهف
Centigrade temperature	درجة الحرارة المئوية
Centrifugal pump advantages	مزايا المضخات المركزية
Cenrifugal pump troubles	متاعب المضخات المركزية (الطاردة)
Centrifugal pump theory	نظرية المضخة المركزية
Check valve	صمام تتميم (توكيد)
Corrosion	صدأ (تصدأ)

(D)

Delivery line	خط الطرد
Delivery valve	صمام طرد (تصريف)
Derived units	الوحدات المشتقة
Density	الكثافــــة
Delivery pipe (discharge)	ماسورة التصريف
Diffuser	حارفة (حلقة ناشرة)

Disc fiction	احتكاك قرصى
Discharge pressure fluctuation	تراوح ضغط التصريف
Discharge static	علو التصريف الاستاتى
Displacement gauge	عداد الإزاحة
Discharge rate	معدل التصريف
Dowel pins	مسامير تثبيت
Drain	صرف (تصفية)
Dynamic suction head	رفع الشفط (السحب) الدينامى

(E)

Eccentric roller pomps	مضخات الدوارات الرحوية
Elements affecting flow	العوامل المؤثرة فى التدفق
Elements governing hydraulic action	العوامل الحاكمة للفعل الايدرولى
Equivalent length of fittings	الطول المكافىء للتجهيزات
Evaporative pressure	ضغط التبخير
Expansion joint	وصلات التمدد
Excessive noise	الضوضاء الشديدة

(F)

Fixation	التثبيت
Flange	شفير (فلانجة)
Flow characteristics	خصائص التدفق
Flow elements measurement	قياس عوامل التدفق
Foot valve	صمام قدم
Force unit	وحدة القوة
Foundation	الأساس

(G)

Gauge pressure — ضغط القياس

Gate valve — محبس السكينة (بوابة)

Gear pumps — مضخات التروس

(H)

Head — رأس (علو)

Head measurement — قياس العلو الرأسى

Horse power — قدرة حصانية

Hydraulic balance — اتزان ايدرولى

Historical review — لمحة تاريخية

(I)

Increaser — زوادة (مسلوب)

Increase of power — زيادة القدرة

Interlocking — تواشج (تعشيق)

Impeller types — دفاعات، انواعها

Inertia — القصور الذاتى

International rules & regulation — القواعد والاشتراطات الدولية

(J)

Jointing — حشية (جوان)

Joseph's well — بئر يوسف

Journals — مرتكزات، محامل (كراسى) ارتكاز لعمود الدوران

(K)

Kinetic energy — طاقة الحركة

(L)

Laminar & turbulent flow	التدفق الإنسيابى والدوامى
Pipe line network	شبكات المواسير
Liquid discharge	تصريف السائل
Location	الموضع
Losses	خسائر

(M)

Measurement units	وحدات القياس
Metals of construction	المعادن المستخدمة فى الإنشاء
Mixed flow pump	مضخة التدفق المختلط
Motor stool	أريكة الموتور

(O)

Operational troubles	اعطال التشغيل
Orifice	فتحة، فوهة، فونية
Overloading	زيادة التحميل
Overspeed trip	شقاطة تجاوز السرعة

(P)

Pressure gauges	اجهزة قياس الضغط
Priming, starting	بدء التدوير (التحضير)
Pump alignment	استقامة المضخة

(Q)

Quick closing calve	محبس الغلق السريع

(R)

Racing	تسارع
Reciprocating pump	المضخة الترددية

Reciprocating pump advantages	مزايا المضخات الترددية
Reciprocating pump troubles	متاعب المضخات الترددية
Reciprocating pump divisions	تقسيمات المضخات الترددية
Reciprocating pump without suction	المضخات الترددية بدون صمامات الشفط
Reducer	نقاصة (مسلوب)
Reference line	خط استرشاد (المنتصف)
Relative density	الكثافة النسبية (النوعية)
Relation between head and pressure	العلاقة بين الضغط والعلو
Relation between dynamic effects	العلاقة بين العوامل الديناميه
Relation between force, pressure & head	العلاقة بين القوة والضغط والعلو
Relation betw...n inertia & force	العلاقة بين القصور والقوة
Relief valve	صمام التهوية
Resistance in pipe lines	المقاومة فى الخطوط
Restriction orifice	فونية تعويق
Rotary pumps	المضخات الدورانية
Rotary pumps advantages	مزايا المضخات النورانية
Rotary pumps troubles	متاعب المضخات الدورانية

(S)

Safety valve	صمام أمان (تهوية)
Seal	حبك، حابك (مانع للتسرب)
Self priming centrifugal pumps	المضخات المركزية ذاتية التحضير
Series operation	تشغيل على التوالى
Shaft gland	حاكم التفويت (حابك)
Slice valve	محبس، سكينة

Static and dynamic elements	العوامل الإستاتية والديناميه
Static suction head	رفع الشفط (السحب) الاستاتى
Steady and unsteady flow	التدفق المنتظم وغير المنتظم
Strainers	المصافى
Stripping	تشفيط
Stuffing box gland	جلبة صندوق الحشو
Suction lines installation	تركيب خطوط الشفط
Suction loss	فقد الشفط
Suction dynamic head	علو (رأس) السحب الدينامى
Suction pipe	ماسورة الشفط
Suction side	جانب الشفط
Suction static head	علو الشفط الاستاتى
Suction valve	صمام سحب (شفط)
Suction valve control	تحكم فى صمام الشفط
Surge chamber	غرفة التمويج (الجيشان)

(T)

Technical terms	المصطلحات الفنية
Throttle valve	صمام خنق
Total dynamic head	العلو الاجمالى الدينامى
Totatal static head	العلو الاجمالى الاستاتى
Trip trigger	سقاطة إعتاق
Trouble shooting	تتبع الخلل

(V)

Valves & changing cocks	المحابس وجزرات التحويل
Valve boxes	صناديق المحابس

Vane	ريشة توجيه
Vapour in suction line	بخار فى خط الشفط
Vapour locking	انسداد بخارى
Variable displacement pumps	المضخات متغيرة الإزاحة
Velocity head	علو السرعة
Venting valve	صمام تهوية
Viscosity	لزوجة
Viscosity effect	تأثير اللزوجة
Volume & capacity of flow	حجم وسعة التدفق

(W)

Water governor.	حاكم المياه
Wear	تآكل (نحر)
Wear increase	زيادة التآكل (النحر)
Work (energy) unit	وحدة الشغل (الطاقة)

كشـــاف تحليلــى

	صفحـــة	
	(أ)	
Hydraulic balance	١٢٩	إتزان ايدرولى
Pressure gauges	٢٢٠	أجهزة قياس الضغط (مقاييس)
Variable displacement pumps	١١٠	الإزاحة المتغيرة، مضخات
Disc friction	١٢٤، ١٢٥	إحتكاك القرص
Centrifugal pump performance	١٣٣	أداء المضخة المركزية
Motor stool	؟	أريكة الموتور
Foundations	١٨٤	أساسات
Reference line	٧٢	استرشاد، خط (المنتصف)
Pump alignment	١٨٦	استقامة المضخة
Air chamber	٨٢	اسطوانة (غرفة) الهواء
Operational troubles	٩٥، ١١٤، ١٧٦	أعطال التشغيل
Bearing overheating	١٨٠	التهاب المحامل
Safety (relief) valve	٢٧	أمان، صمام (تهوية)
Vibrations	١٨٠	اهتزازات
	(ب)	
Joseph's well	١٦	بئر يوسف
Vapour in suction line	٩٦	بخار فى خط الشفط
Priming, starting	١٩٥	بدء التدوير (التحضير)
	(ت)	
Wear	١١٦	تآكل (نحر)
Pressure effect	٥٧	تأثير الضغط

صفحة

Viscosity effect	١٤٥	تأثير اللزوجة
Abrasion wear	١٣٠	تآكل حاك
Trouble shooting	٩٥، ١٤٤، ١٧٦	تتبع الخلل
Fixation	١٨٣	التثبيت
Priming	١٩٥	التحضير
Suction valves control	٩٥	تحكم فى صمامات الشفط
Laminar and turbulent flow	٥٨	التدفق الانسيابى والدوامى
Steady and unsteady flow	٥٨	التدفق المنتظم وغير المنتظم
Discharge pressure fluctuations	٩٨	تراوح ضغط التصريف
Suction lines installation	١٨٨	تركيب خطوط الشفط
Pumps installation & operation	١٨١	تركيب وتشغيل المضخات
Air leakage	٩٦	تسريب الهواء
Series operation	١٣٨	التشغيل على التوالى
Parallel operation	١٤٠	التشغيل على التوازى
Parallel or series operation	١١٥	التشغيل على التوالى أو التوازى
Stripping	؟	تشفيط
Liquid discharge	١٧٨	تصريف السائل
Pumps classification	٢٠	تصنيف المضخات
Air evacuation	٢٠١	تفريغ (استنزاف) الهواء
Reciprocating pumps divisions	٢٤	تقسيمات المضخات الترددية
Cavitation	١٤٤	تكهف
Capacity reduction	١١٧	تناقص السعة
Venting valve	٨٣، ٩٦	تنفيس، صمام
Pipe connections	٢٠٩	توصيلات المواسير

	صفحة	
	(ج)	
Suction side	١٤٠	جانب الشفط للمضخة
Stuffing box gland	١٩٤	جلبة صندوق الحشو
Shaft gland	١٩٤	جلبة العمود
Galvanic action	٤٠	جلفانى، فعل
	(ح)	
Seal	١٢٩	حابك (حاكم التفويت)
Diffuser	١٢٩	حارفة (حلقة ناشرة)
Water governor	٨٥	حاكم المياه
Volume and capacity flow	٥٧	حجم وسعة التدفق
Heat and work	٥٠	الحرارة وعلاقتها بالشغل
Packing	١٩٤	حشو (باكنج)
Jointing	١٩٤	حشية (جوان)
Wearing rings	١٣١	حلقات تلبى (تآكلية)
	(خ)	
Losses	١٢٥	خسائر
Flow characteristics	٧٩	خصائص التدفق
Delivery line	١٨٧، ٦٨	خط الطرد
Suction line	١٨٨، ٧٠	خط الشفط
Pipelines	٢٠٩	خط المواسير
Physical properties of liquid	٥١	الخواص الطبيعية للسائل
	(د)	
Plunger	٩٢	دافعة
entigrode temperature	٤٨	درجة الحرارة المئوية

	صفحــة	
Impeller types	٤٣ ، ٣٥	دفاعات، أنواعها
Axial thrust	١٣٠	دفع محورى
Belt drive	١٨٤	دوران بالسير
Head	٦٤	رأس (علو)
Net positive suction head	١٤١	رأس (علو) الشفط الموجب الصافى
NPSH	١٤١	ر. ش. م. ص.
Static suction head	٧١	رفع الشفط (السحب) الإستاتى
Dynamic suction head	٧٣	رفع الشفط (السحب) الدينامى
Bellow pump	٩١	رق (رداخ)، مضخة
Blade	٣٥	ريشة
Vane	١٢١	ريشة توجيه (شفرة)
	(ز)	
Increaser	١٨٧	زوادة
Wear increase	١١٦	زيادة التآكل (النحر)
Overloadiag	١٧٨	زيادة التحميل
Racing	٩٨	زيادة السرعة
Increase of power	١١٧ ، ٩٨	زيادة القدرة
	(س)	
Sluice valve	٢١٣	سكينة، محبس
Absolute velocity	٦٥	سرعة مطلقة
Pump capacity	١٣٣	سعة المضخة
	(ش)	
Lines network	٢٤٠ ، ٢٠٩	شبكات المواسير
Lines network & joints	٢١٠	شبكات المواسير والوصلات
Flange	٢٣١	شفير (فلانجة)

صفحة

	(ص)	
صرف (تصفية)	١٨٣	Drain
صدأ (تصدأ)	٤١	Corrosion
صمام (راجع أيضا محبس)		Valve
صمام أمان	٢٧	Safety valve
صمام تتميم (توكيد)	٢١٧	Check valve
صمام تحضير ذاتى	١٩٥	Automatic primimg valve
صمام تهوية	٢١٨	Relief valve
صمام توكيد (تتميم)	٢١٧	Check valve
صمام سحب (شفط)	٨٧	Suction valve
صمام طرد (تصريف)	٨٧	Delivery valve
صمام قدم	١٩٣	Foot valve
صمام كروى	٩٠	Ball valve
صمامات المقعد المزدوج	٩٠	Double seat valve
صناديق المحابس	٢١٥	Valve boxes
صيانة المضخة	١٩١	Pump manintenance
	(ض)	
ضغط التبخير (البخار)	٥٧	Evaporative Pressure
ضغط التخلخل (التفريغ)	٥٥	Vacuum pressure
ضغط التصريف	٩٨	Discharge pressure
الضغط الجوى	٥٥	Atmospheric pressure
ضغط القياس	٥٥	Gauge pressure
الضغط المطلق	٥٥	Absolute pressure

صفحة

Excessive noise	١١٦	الضوضاء الشديدة
Noise at liquid side	٩٨	ضوضاء فى ناحية السائل
	(ط)	
Kinetic energy	٦١	طاقة الحركة
Potential energy	١٢٢ ، ٦٣	طاقة الوضع
Equivalent length of fittings	٢٥٩ ، ٦٨	الطول المكافىء للتجهيزات
	(ع)	
Displacement gauge	٢٢٥	عداد الإزاحة
Relation between head & pressure	٦٢	العلاقة بين الضغط والعلو
Relation between dynanic effects	٦٣	العلاقة بين العوامل الديناميه
Relation between inertia & force	٦٠	العلاقة بين القصور والقوة
Relation between force & pressure & head	٦١	العلاقة بين القوة والضغط والعلو
Total static head	٧٣	العلو الاجمالى الاستاتى
Total dynamic head	٧٥	العلو الاجمالى الدينامى
Discharge static head	٧٣	علو التصريف الاستاتى
Discharge dynamic head	٧٤	علو التصريف الدينامى
Suction static head	٧١	علو الشفط الاستاتى
Suction dynamic head	٧٤	علو الشفط الدينامى
Velocity head	٦٥	علو السرعة
Static and dynamic elements	٦٣	العوامل الإستاتية والديناميه
Elements governing hydraulic action	٦٠	العوامل الحاكمة للفعل الايدرولى
Elements affecting flow	٦٠	العوامل المؤثرة فى التدفق

	صفحـــة	
Air chamber	٨٢	غرفة (اسطوانة) الهواء
Surge chamber	٨٤	غرفة التموج (الجيشان)
	(ف)	
Orifice	٢٠٢	فتحة، فوهة، فونية
Foundation	١٨٤	فرشة (الأساس)
Suction loss	١١٧	فقد الشفط
	(ق)	
Coupling	١٨٦	قارنة (كوبلن)
Pascal law	٥١	قانون باسكال
Casing types	١٢٥	قرابات (جراب)، أنواعها
Blind flange	٢١٥	قرص أعمى
Horsepower	١٤٧	قدرة حصانية
Inertia	٦٣	القصور (الذاتى)
Head measurement	٦٤، ٦٥، ٦٦	قياس العلو (الرأسى)
Flow elements measurement	٦٣	قياس عوامل التدفق
International rules & regulations	٢٢٩	القواعد والاشتراطات الدولية
	(ك)	
Piston & cylinder head	٧٩	الكباس ورأس الاسطوانة
Density	٥٢	الكثافة
Relative density	٥٣	الكثافة النسبية (النوعية)
	(ل)	
Viscosity	٥٣	لزوجة
Viscosity effect	١٤٥	اللزوجة، تأثيرها

	صفحـــة	
Historical review	١٥	لمحة تاريخية
Bedplate	١٨٥	الفرش
	(م)	
Fluid entrapped between gear teeth	١٠٣	المائع المحصور بين أسنان التروس
Delivery pipe (discharge)	١٨٧	ماسورة التصريف
Suction pipe	١٨٩	ماسورة الشفط
Reciprocating pump troubles	٩٥	متاعب المضخات الترددية
Rotory pump troubles	١١٤	متاعب المضخات الدورانية
Centrifugal pump troubles	١٧٦	متاعب المضخات المركزية (الطاردة)
Valves and changing cocks	٢١٠	المحابس وجزرات التحويل
Bearings	١٩٥	المحامل (الكراسى)
Gate valve	٢١٣	محبس السكينة (بوابة)
Quick closing valve	٢١٦	محبس الغلق السريع
Butterfly valve	٢١٤	محبس الفراشة
Ball valve	٢١٢	محبس كروى
Autoclean filter	٢١٩	المرشحات ذاتية التنظيف
Reciprocting pump advantages	٢٦	مزايا المضخات الترددية
Rotary pump advantages	٣٢	مزايا المضخات الدورانية
Centrifugal pump advantages	٣٨	مزايا المضخات المركزية
Strainers	٢١٩	المصـــــافى
Technical terms	٧٠	المصطلحات الفنية
Metals of construction	٣٩	المعادن المستخدمة فى الإنشاء
Discharge rate	١٣٦	معدل التصريف

	صفحة	
pumps classification	٢٠	المضخات، تصنيفها
Reciprocating pumps	٧٧،١٩	المضخات الترددية
Reciprocating pumps without suction	؟	المضخات الترددية بدون صمامات الشفط
Gear pumps	١٠٢،٢٧	مضخات التروس
Eccentric roller pumps	٢٨	مضخات الدوارات الرحوية
Rotary pumps	١٠١،١٢٥	المضخات الدورانية
Bellow pumps	٩٢	مضخات الرق (الرداخ)
Variable displacement pumps	١١٠	المضخات متغيرة الإزاحة
Centrifugal pumps	١١٩،٣٣	المضخات (الطاردة) المركزية
Self priming centrifugal pumps	٢٠٥	المضخات ذاتية التحضير
Mixed flow pumps	١٥٥،٣٧	مضخة التدفق المختلط
Axial propeller pumps	١٤٩،٣٧	المضخة المحورية
Peripheral pumps	١٥٩،٣٧	المضخة المحيطية
Portable pumps	١٩	المضخة النقالى
Resistance in pipelines	٦٨	المقاومة فى الخطوط
Pressure gauges	٢٢٠	مقاييس الضغط
Bourdon gauge	٢٢١	مقياس بوردون
Bellow gauge	٢٢٢	مقياس الرق (الرداخ)
Level indicator	٢٢٤	مقياس المنسوب
Bellow gauge	٢٢٣	مقياس المنفاخ
By pass	٢١٥	ممر تحويل
Performance curves	١٤٧،١٠٢،٧٩	منحنيات الأداء
Air vent	٨٣	منفس الهواء

	صفحة	
Pressaure regulator	٨٦	منظمات الضغط
Pipes subject to pressure	٢٤٢	المواسير الواقعة تحت ضغط
Location	١٥١	الموضع
	(ن)	
Packing wear	١٨٣	نحر (تآكل) فى الحشو
Centrifugal pump theory	١٢١	نظرية المضخة المركزية
Reducer	١٨٨	نقاصـــة
	(و)	
Basic units	٤٧	وحدات أساسية
Measurement units	٤٨	وحدات القياس
Derived units	٤٥	الوحدات المشتقة
Work (energy) unit	٤٩	وحدة الشغل (الطاقة)
Pressure unit	٥٠	وحدة الضغط
Power unit	٥٠	وحدة القدرة
Force unit	٤٩	وحدة القوة
Level indication means	٢٢٤	وسائل بيان المستوى
Expansion joint	٢٠٩	وصلات التمدد

قائمة المراجع

1- William Embletm & T. D Morton

Reeds Eng. Knowledge

Reeds 1973.

2- J. Craw ford

Marine & offshore pumping & piping systems

Butterworths 1981

3- L. Sterling

Selection Installation & Maintenance of Marine Compressors

I. Mar. E. 1973.

4- L. Sterling

Pumping Systems

I. Mar. E. 1976.

5- Jica

Marine Engines

JICA 1980.

٦- المضخات الهيدروليكية

د. م. محمد فوزى ع. العزيز

الاهرام ١٩٨٠.

هذا الكتاب : هندسة المضخات

يوضح مختلف أنواع المضخات المستخدمة فى المشروعات الهندسية عموما ، وفى دوائر التشغيل الإيدرولى بوجه خاص، ويبين اختلاف نظرية التشغيل فى كل منها ، ويزودنا بالمعلومات اللازمة لاختيار مضخة مناسبة فى تطبيق محدد وظروف التشغيل القائمة، حتى تعمل بأعلى كفاية وأقل النفقات.

وقد أضيفت الى هذه الطبعة باب خاص عن الضواغط الهوائية باعتبارها مضخات للهواء وباب آخر عن الدوائر الإيدرولية والرموز المستخدمة فى شرحها.

وهو كتاب لا غنى عنه لمن يقوم بالعمل فى محطات الضخ البترولى والبحرى وغيرها من المجالات الهندسية من حيث الإختبار والتركيب والتشغيل والصيانة والإصلاح.

المؤلف : محمود ربيع الملط

بكالوريوس هندسة جامعة الإسكندرية ١٩٥٥ ، وماجستير جامعة ستراث كلايد ٧٦ ، عمل على سفن الأسطول البحرى التجارى حتى عام ١٩٧٢ ، والتحق للتدريس بالأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوچيا حتى عام ١٩٩١ ، وانتدب خبيرا فى المنظمة الدولية البحرية للعمل ببنجلاديش عامى ١٩٨٥،١٩٨٦ .

صدر له العديد من الكتب الهندسية ومنها :

١- محركات الديزل.
٢- أساسيات الهندسة البحرية.
٣- هندسة التبريد الصناعى.
٤- هندسة بناء السفن.
٥- قواعد الأمان الصناعى على السفن.
٦- العمارة البحرية.
٧- جغرافية النقل البحرى.
٨- مسائل فى العمارة البحرية.

المؤلف : محمد عادل المهدي

- حاصل علي بكالوريوس الهندسة الميكانيكية من القاهرة عام ١٩٧٢ .
- عمل في مجال صيانة وإصلاح الأنظمة والمعدات الميكانيكية والسيارات.
- صدرت له عدة مؤلفات عن ميكانيكا السيارات.

43 / 330